I. PREDA

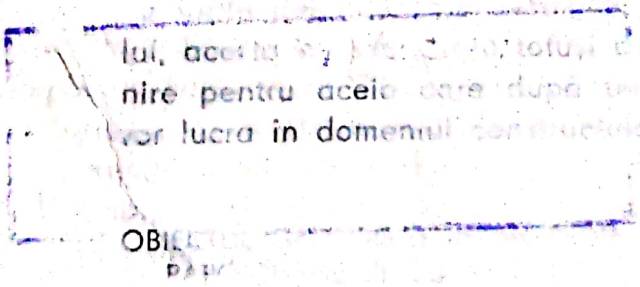
GEOLOGIE INGINEREASCĂ

EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ
Bucureşti — 1965

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

I. PREDA

GEOLOGIE INGINEREASCĂ



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
București — 1965

Scanned with OKEN Scanner

INTRODUCERE

În cadrul avîntului continuu pe care îl cunosc astăzi construcțiile din țara noastră, Geologia inginerească ocupă un rol deosebit de important. Ea este chemată să rezolve problemele legate de terenul pe care se vor executa diferite construcții, căi de comunicație, amenajări hidrotehnice etc., iar pe de altă parte să identifice diferitele tipuri de materiale de construcție necesare ridicării acestora.

Lucrarea de față reprezintă cursul care se predă studenților de la Facultatea de geologie-geografie, în vederea inițierii lor în problemele specifice ale Geologiei inginerești. Din acest punct de vedere, cu toate detaliile care s-au dat în cuprinsul cursului, acesta nu reprezintă totuși decît o bază de pornire pentru aceia care după terminarea facultății vor lucra în domeniul construcțiilor.

OBIECTUL GEOLOGIEI INGINEREȘTI ȘI RAPORTURILE EI CU ALTE ȘTIINȚE

Geologia inginerească se ocupă cu studiul mediului geologic natural, în vederea alegerii amplasamentelor și furnizării datelor necesare la proiectarea, executarea și exploatarea construcțiilor.

Analiza numeroaselor avarii suferite de diferite construcții, în special hidrotehnice, arată că în marea majoritate a cazurilor, cauzele distrugerilor constau în insuficienta cunoaștere a condițiilor de rezistență

Scanned with OKEN Scanner

și stabilitate a terenurilor de fundație și, în general, a tuturor aspectelor geologice care interesează lucrările de construcție.

Practica construcțiilor moderne arată că problemele de rezistență și stabilitatea construcțiilor, la nivelul cunoștințelor existente în domeniul mecanicii terenurilor, nu mai pot fi rezolvate în întregime pe baza calculelor abstracte, adesea formale. În același timp trebuie avut în vedere că proprietățile terenurilor nu pot fi stabilite cu precizie numai pe baza probelor de laborator. Este necesară menținerea unei legături strînse cu realitatea existentă, exprimată prin condițiile de geneză și depozitare a rocilor, regimul de apă etc.

Prin urmare, rezolvarea cu succes a problemelor de rezistență și stabilitatea terenului și a construcțiilor se poate realiza în mod real și complet numai pe baza colaționării datelor din geologia tehnică, mecanica construcțiilor, fizică etc.

În rezolvarea problemelor de geologie pe care le ridică executarea construcțiilor inginerești, Geologia inginerească recurge la cunoștințele disciplinelor ajutătoare, Geologia, Hidrogeologia, Geomorfologia etc.

Geologia este știința care se ocupă cu studiul rocilor care constituie scoarța pămîntului (Petrografia), cercetarea fenomenelor geologice care au loc în interiorul și la suprafața scoarței terestre sub acțiunea agenților interni și externi (Geologia generală), succesiunea rocilor în timp și spațiu (Stratigrafia), precum și raporturile rocilor unele față de altele (Tectonica).

Hidrogeologia – știința care studiază originea, condițiile de zăcămînt, legile dinamicii, proprietățile fizice și chimice ale apelor subterane.

Geomorfologia – știința care se ocupă cu descrierea formelor de relief din punctul de vedere al originii, dezvoltării și utilizării lor economice.

Hidrologia – știința care studiază geneza și regimul apelor superficiale.

Scanned with OKEN Scanner

ISTORICUL GEOLOGIEI INGINEREȘTI

În trecut, clarificarea situației geologice pentru construcții se făcea de către inginerii constructori. Ei dădeau indicațiile necesare pentru o justă apreciere a rocilor din punctul de vedere al rezistenței și stabilității lor, indicînd totodată modul cum se determină prezența apelor subterane și influența lor asupra construcțiilor.

Geologia inginerească, în forma ei rudimentară, datează din cele mai vechi timpuri, ca știință însă este foarte tînără. Primele studii teoretice asupra rocilor au fost făcute de Couplet (1727) și Coulomb (1773), care au enunțat teoria prismei de împingere. Mai tîrziu, Rankine (1856) a emis teoria echilibrului unui masiv de pămînt.

Dezvoltarea căilor de comunicație în secolul al XIX-lea a necesitat studii mai amănunțite asupra rocilor, în special asupra celor necoezive și pseudocoezive. Ing. V. I. Curdiumov, profesor la Institutul de căi de comunicație din Petrograd, a publicat după anul 1890 numeroase lucrări asupra rocilor necoezive ca terenuri de fundație, iar Docuceaev, prin crearea Pedologiei, a pus la dispoziția inginerilor constructori concluziile științelor naturale asupra solurilor.

Prima instituție de știință care s-a ocupat cu studiul terenurilor pentru construcții a fost „American Society of Civil Enginering", înființată în 1913. Ulterior, cu această problemă s-a ocupat „Unites States Bureau of Public Roads". Dintre membrii acestor instituții s-au remarcat, prin studii de mare detaliu în domeniul lucrărilor hidrotehnice, E. Howe, W. J. Frink, L. F. Ransome, H. W. Bradley, F. R. Legget etc., în geologia tunelelor — M. Page, iar în studiul deplasărilor de teren — D. R. Crandall, A. R. Lawrence etc. Cu studiul materialelor de construcție s-au ocupat McConnel, H. W. Irwin și C. R. Mielenz. În domeniul argilelor au alcătuit lucrări de valoare W. F. Wienterkorn, H. Ries, R. E. Grim etc. Cu

Scanned with OKEN Scanner

geologia aplicată la lucrările militare s-a ocupat F. H. Cleland.

În anul 1914 a fost înființată în Suedia, pe lîngă biroul de drumuri, o secție de geologie tehnică sub conducerea lui Olsen, și cam în același timp au fost înființate instituții similare în Norvegia și Finlanda, precum și în Germania, sub conducerea lui J. Hirschwald. În Franța, geologia inginerească s-a dezvoltat prin eforturile depuse de E. Nivoit și L. Launay, în Elveția – de M. Lugeon, în Italia – de M. Canavari și L. Santarella, în Austria – de J. Stiny, K. Kampe, K. Redlich etc.

Figura cea mai proeminentă în domeniul geologiei tehnice rămîne totuși prof. K. Terțaghi din Viena. Încă din anul 1920, el a publicat o serie de articole, în care numeroase probleme și fenomene din domeniul terenurilor necoezive și pseudocoezive au fost tratate într-o lumină cu totul nouă și originală. Lucrarea sa „Bazele fizice ale terenurilor", apărută în anul 1925, constituie o bază serioasă, științifică, în studiul terenurilor. Pe această bază s-a dezvoltat în mod rapid cercetarea științifică în legătură cu terenurile necoezive și pseudocoezive, astfel încît, în prezent, în condițiile tehnicii moderne, orice construcție poate fi executată satisfăcător chiar în condiții geologice grele.

Geologia inginerească în România. În țara noastră, primele studii de geologie tehnică se datoresc lui R. Pascu, care a inventariat numeroase cariere de piatră din România, indicînd totodată pentru rocile exploatate și unele calități tehnice. Urmează apoi studiile lui St. Cantuniari și V. Mazilu, întemeietorul Institutului Tehnologic de pe lîngă Căile Ferate Române. În acest institut a lucrat Dr. A. Juncu, a cărui teză de doctorat tratează calitățile fizice și mecanice ale rocilor din peste 100 de cariere de piatră din țară.

În învățămîntul superior, Gh. Munteanu-Murgoci a fost primul profesor de geologie inginerească. Între anii 1913–1921, el a predat studenților de la

Școala Națională de Poduri și Șosele cunoștințe de geologie aplicată în inginerie, în cadrul cursului pe care l-a intitulat Geofizica. După anul 1921, prin înființarea Școlii Politehnice, acest curs de Geofizică, având același fond de geologie inginerească, a fost predat la Secția construcții a Școlii Politehnice de către Em. Protopopescu-Pache, fost colaborator al prof. Murgoci.

St. Cantuniari, care a lucrat mult în domeniul geologiei aplicate la construcții, a ținut și un curs de Geologie Tehnică Militară la Școala specială de geniu.

În felul acesta se poate explica de ce problemele de geologie aplicată la construcții puteau fi rezolvate într-un mod satisfăcător de către inginerii constructori ; ei aveau o pregătire în acest domeniu încă din timpul anilor de studii, sub îndrumarea directă a unor eminenți oameni de știință, cum a fost Gh. Munteanu-Murgoci, Em. Protopopescu-Pache și alții.

În anii regimului democrat popular, sub îndrumarea Partidului Comunist Român, industrializarea țării noastre cunoaște un ritm accelerat. Executarea de construcții industriale, hidrotehnice, căi de comunicație etc. cere, printre altele, studii tehnico-geologice temeinice. Ca urmare, geologia inginerească este o disciplină care se predă astăzi la toate institutele de construcții și institutele de învățământ superior cu caracter geologic.

Pentru prelucrarea materialului recoltat de pe teren, numeroase instituții de cercetări științifice și întreprinderi au laboratoare, utilate după toate cerințele tehnicii moderne, permițînd oamenilor de știință români, ca : I. Băncilă, H. Lehr, E. Botea, I. Stănculescu etc. să creeze lucrări de valoare în diferite domenii de cercetare geologică-inginerească.

Scanned with OKEN Scanner

CLASIFICAREA TEHNICO-GEOLOGICĂ A ROCILOR ȘI TERENURILOR

1. DEFINIȚII

Rocile sînt formațiuni minerale sau organice, solide sau lichide, care iau parte la alcătuirea scoarței terestre.

Terenurile cuprind rocile care intră în sfera acțiunii construcțiilor inginerești, sau fac obiectul unor măsuri cu caracter ingineresc, intervenind în tehnica constructivă ca suport al unor construcții.

Pămînturile sînt materiale naturale, formate prin amestecul granulelor minerale de diferite forme și dimensiuni, provenite prin dezagregarea rocilor, sub acțiunea agenților atmosferici, cu resturi organice în descompunere.

2. CLASIFICĂRI

Clasificările rocilor din punct de vedere tehnic-geologic sînt numeroase, ele fiind alcătuite pe considerente diferite, din care cauză nu pot fi utilizate decît în scopul pentru care au fost întocmite.

1) *Clasificarea rocilor după modul de prezentare.* Din acest punct de vedere, rocile întîlnite frecvent în construcții se împart în două grupe :

— roci dezagregate (necoezive), la care elementele componente sînt lipsite de coeziune. Aceste roci sînt puțin rezistente la eforturi mecanice. Exemplu : nisipurile, pietrișurile etc. ;

— roci cimentate (coezive), alcătuite din particule de origine diferită, legate prin ciment. Rocile consolidate au rezistență variabilă la eforturi mecanice, în funcție de natura cimentului de legătură și a particulelor componente. Exemplu : gresiile, conglomeratele etc.

2) *Clasificarea rocilor după duritate și rezistență la compresiune.* Față de caracteristicile menționate, clasificarea rocilor s-a făcut luîndu-se ca bază scara de duritate a lui Mohs :

— roci foarte moi, cu duritatea 1÷2 și rezistența la compresiune pînă la 100 kgf/cm². Exemplu : argilele nisipoase, loessul, pămîntul vegetal ;

— roci moi, cu duritatea 2÷3 și rezistența la compresiune de 100÷700 kgf/cm². Exemplu : argilele uscate, marnele, șisturile argiloase, unele calcare și gresii moi etc. ;

— roci semitari, cu duritatea 3÷5 și rezistența la compresiune de 700÷1 000 kgf/cm². Exemplu : calcarele, breciile calcaroase, gresiile, șisturile argiloase tari, șisturile micace etc. ;

— roci tari, cu duritatea 5÷6 și rezistența la compresiune de 1 000÷2 500 kgf/cm². Exemplu : rocile eruptive nealterate, amfibolitele, marmurele dure etc. ;

— roci foarte tari, cu duritatea mai mare de 6 și rezistența la compresiune peste 2 500 kgf/cm². Exemplu : bazaltele, conglomeratele și gresiile cuarțitice, cuarțitele etc.

— *Clasificarea Comitetului Geologic.* Avînd în vedere tăria rocilor din punctul de vedere al rezistenței la forare și perforare, Comitetul Geologic a alcătuit o clasificare, necesară stabilirii normelor de deviz ale lucrărilor geologice, în care rocile și substanțele minerale utile sînt încadrate în șase grupe și 12 categorii. Această clasificare este dată în tabela 1.

Tabela 1

Clasificarea rocilor și substanțelor minerale utile după Comitetul Geologic (ediția 1965)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
Foarte moale (FM)	I	Argilă forate moale	actuală, cuaternară
		Argilă marnoasă, prăfoasă sau nisipoasă foarte moale	
		Sol : afînat, mîlos, prăfos	
		Turbă	
II Moale (M)	2	Argilă moale sau afînată	cuaternară, laventină, daciană
		Argilă : marnoasă, prăfoasă sau nisipoasă, moale sau afînată	
		Argilă de pantă (lehm)	
		Bitumin solid (asfalt, ozocherit)	
		Caolin moale	
		Cretă moale	
		Diatomit	
		Lignit argilos sau șistos	
		Loess	cuaternară, actuală
		Marnă argiloasă	cuaternară și pliocenă
		Nisip argilos sau marnos, afînat	—
		Praf argilos (cu lut)	—
		Sol cu sau fără rădăcini lemnoase	—
III Semitare (δT)	3	Argilă : marnoasă, prăfoasă, nisipoasă sau cărbunoasă	—
		Argilă puțin compactă	—
		Argilă cu amestec pînă la 20% pietriș	—
		Argilă cu concrețiuni de anhidrit, sulf sau gips	—
		Argilă cu gips	—
		Bauxită alterată	—
		Bentonit	—

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
III Semitare (ST)	3	Calcar cochilifer slab cimentat (falun)	pliocenă
		Calcar cretos	—
		Caolin compact	—
		Cretă compactă	—
		Gips în amestec sau cu intercalaţii de argilă sau marnă	posloligocenă
		Gips friabil	
		Lignit compact	—
		Marnă slab coerentă	—
		Marnă şistoasă	—
		Nisip de diferite granulaţii (0,1...2 mm)	—
		Nisip: argilos, marnos sau cărbunos	—
		Nisip slab cimentat sau slab compactizat	—
		Sare gemă sau săruri de potasiu şi magneziu în amestec sau cu intercalaţii de argile	—
		Şist: argilos, marnos sau argilogrezos alterat	—
		Tuf calcaros spongios	—
		Tuf vulcanic slab coerent	—
III Semitare (ST)	4	Aglomerat vulcanic alterat	
		Anhidrit	
		Argilă compactă	
		Bauxită puţin compactă, puternic fisurată	—
		Brecie cu fragmente de roci sedimentare, cu ciment argilos sau marnos	—
		Brecie cu fragmente de marne argiloase şi grezoase slab cimentate, prinse într-o masă de sare gemă, cu sau fără săruri de potasiu şi magneziu	miocenă
		Brecie tectonică slab cimentată	—
		Brecie vulcanică alterată	—
		Calcar cochilifer cu coerenţă mijlocie	neogenă-predaciană
		Calcar poros	—
		Caolin foarte compact	—
		Cărbune brun	—
		Conglomerat sau microconglomerat cu fragmente de roci sedimentare, cu ciment argilos sau marnos	—
		Filit foarte alterat şi fisurat	—
		Gips compact	—
		Gresie cu ciment argilos sau marnos	—
		Limonit argilos	—
		Marnă compactă	—
		Marnă calcaroasă	—
		Marnă cu concreţiuni de anhidrit, sulf sau gips	—

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
III Semitare (ST)	4	Marnă nisipoasă	—
		Marnocalcar	—
		Nisip argilos, nisip marnos sau nisip cărbunos, compact	—
		Rocă argiloasă (caolinoasă) impregnată cu pirită	—
		Sare gemă, sau săruri de potasiu și magneziu.	—
		Scorii bazaltice, diabazice, andezitice etc.	—
		Șist: argilo-marnos sau argilo-grezos, nealterat	—
		Șist: argilos, marnos sau argilo-grezos cu concrețiuni de anhidrit, sulf sau gips	—
		Șist: cloritos, sericitic, grafitos, biotitic, muscovitic, calcaros sau dolomitic, foarte alterat și fisurat	—
		Șist talcos alterat	—
		Tuf calcaros cu coerență mijlocie	—
		Tuf vulcanic cu coerență mijlocie	—
IV Tare (T)	5	Aglomerat vulcanic cu ciment piroplastic nemineralizat	—
		Anhidrit recristalizat, tip platformă	—
		Antracit	—
		Argilit	—
		Bauxită compactă, puternic fisurată sau puțin compactă, slab fisurată	—
		Brecie cu fragmente de roci sedimentare, cu ciment calcaros sau dolomitic	—
		Brecie tectonică cu fragmente de roci sedimentare, cu coerență mijlocie	—
		Brecie vulcanică cu ciment piriclastic nemineralizat	—
		Calcar puțin compact	—
		Calcar cochilifer compact	preneogenă
		Calcar dolomitic puțin compact	—
		Conglomerat sau microconglomerat cu fragmente de roci sedimentare, cu ciment calcaros sau dolomitic	—
		Dolomită marnos sau calcaros	—
		Filit foarte alterat	—
		Gresie cu ciment marno-calcaros	—
		Huilă, inclusiv cărbunele de Valea Jiului	—
		Limonit foarte alterat	—
		Marmură	—
		Marnă grezoasă	—
		Marnă cu intercalații subțiri (pînă la 5 cm) de gresie și calcar	—

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
IV Tare (T)	5	Marmocalcar compact	—
		Porfiroid şistos foarte alterat	—
		Rocă magmatică sau metamorfică total alterată hidrotermal	—
		Rocă talcoasă carbonatată	—
		Şist marno-grezos sau grezos-micaceu	
		Şist: cloritos, sericitic, grafitos, biotitic, muscovitic, calcaros sau dolomitic, foarte alterat	—
		Şist talcos	—
		Tuf calcaros compact (travertin)	—
		Tuf vulcanic compact	—
IV Tare (T)	6	Aglomerat vulcanic cu ciment piroclastic slab mineralizat	—
		Bauxită compactă slab fisurată	—
		Brecie cu fragmente de roci sedimentare, cu ciment silicios	—
		Brecie cu fragmente de roci magmatice, metamorfice sau sedimentare tari cu ciment argilos sau marnos	—
		Brecie cu fragmente de marne compacte, de marne grezoase, de gresii puternic cimentate, prinse într-o masă de sare gemă, cu sau fără săruri de potasiu şi magneziu	burdigaliană elveţiană
		Brecie tectonică cu fragmente de roci sedimentare, compacte	—
		Brecie tectonică cu fragmente de roci magmatice sau metamorfice cu coerenţă mijlocie	—
		Brecie vulcanică cu ciment pirocrastic slab mineralizat	—
		Calcar compact	—
		Calcar dolomitic compact	—
		Celestină	—
		Conglomerat sau microconglomerat cu fragmente de roci sedimentare, cu ciment silicios	—
		Conglomerat sau microconglomerat cu fragmente de roci magmatice sau metamorfice, cu ciment argilos sau marnos	—
		Dolomit marnos sau calcaros compact	—
		Filit alterat	—
		Gresie puţin compactă cu ciment calcaros sau argilitic	—
		Limonit alterat	—
		Marnă cu concreţiuni sau intercalaţii dese calcaroase, piritoase, silicioase etc.	—

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
V Foarte tare (FT)	6	Marnocalcar foarte compact	senoniană tip zona marginală a flișului
		Profiroid șistos alterat	—
		Rocă magmatică sau metamorfică puternic alterată hidrotermal	—
		Rocă piritoasă friabilă	—
		Șist silicios: argilos, marnos sau grezos, alterat	—
		Șist: cloritos, sericitic, grafitos, biotitic, muscovitic, calcaros sau dolomitic, alterat	—
		Tuf calcaros recristalizat (aragonit-calcit)	
		Tuf vulcanic foarte compact	—
V Foarte tare (FT)	7	Aglomerat vulcanic cu ciment piroclastic puternic mineralizat	—
		Arcoză silicioasă	—
		Argilă silicioasă	—
		Argilit silicios	—
		Baritină friabilă	—
		Bauxită puțin compactă, nefisurată	—
		Brecie cu fragmente de gresii silicioase, șisturi verzi, roci metamorfice, roci magmatice etc. cu ciment variat (ex. brecia sării compactă)	—
		Brecie cu fragmente de roci magmatice metamorfice sau de roci sedimentare tari, cu ciment calcaros, dolomitic sau silicios	—
		Brecie tectonică cu fragmente de roci magmatice, metamorfice sau sedimentare silicioase, compactă	—
		Brecie vulcanică cu ciment piroclastic, puternic mineralizat, sau cimentată cu lavă	—
		Calcar dolomitic foarte compact	—
		Calcar grezos	—
		Calcar cristalin fără cuarț	—
		Calcar scarnic	—
		Conglomerat sau microconglomerat cu fragmente de roci magmatice, metamorfice sau sedimentare tari, cu ciment calcaros, dolomitic sau silicios	—
		Dolomit fără cuarț	—
		Filit nealterat	—
		Gresie compactă cu ciment calcaros sau argilitic	—
		Limonit nealterat	—
		Marnă silicioasă	—
		Marnocalcar grezos sau silicios	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
V Foarte tare (FT)	7	Minereu piritos şi complex, fisurat şi alterat	—
		Porofiroid şistos nealterat	—
		Rocă magmatică sau metamorfică parţial alterată hidrotermal.	—
		Rocă magmatică bazică şi ultrabazică, cu granulaţie mare foarte alterată	—
		Serpentinit foarte alterat	—
		Şist silicios: argilos, marnos sau grezos, nealterat (ex. şist negru)	—
		Şist: cloritos, sericitic, grafitos, biotitic, muscovitic, calcaros sau dolomitic nealterat.	—
		Şist cuarţos, cloritos, serictic, grafitos, muscovitic, biotitic, calcaros sau dolomitic, alterat	—
		Şist verde alterat	—
V Foarte tare Tare (FT)	8	Amfibolit foarte alterat	—
		Ankerit	—
		Baritină compactă	—
		Bauxită compactă nefisurată	—
		Brecie tectonică cu fragmente de roci magmatice, metamorfice sau sedimentare silicioase, foarte compacte	—
		Calcar dolomitic silicios, puţin compact	—
		Calcar silicios puţin compact	—
		Calcar cristalin cu cuarţ	—
		Corneeană foarte alterată	—
		Dolomit silicios puţin compact	—
		Dolomit cristalin cu cuarţ	—
		Gnais şi granognais cu granulaţie mare, foarte alterat	—
		Gresie foarte compactă cu ciment calcaros	—
		Gresie silicioasă slab cimentată	—
		Hematit slab coerent	—
		Limonit fără silice compact sau cu puţină silice, spongios	—
		Limonit silicios alterat	—
		Minereu de mangan alcătuit din rodonit şi rodocrozit	—
		Minereu piritos şi complex, friabil	—
		Pegmatit feldspatic (cuarţ sub 50%) foarte alterat	—
		Porfiroid masiv foarte alterat	—
		Rocă impregnată cu magnetit	—
		Rocă magmatică bazică şi ultrabazică cu granulaţie mare, alterată sau cu granulaţie mică, foarte alterată	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
V Foarte tare (FT)	8	Rocă magmatică acidă și neutră cu granulație mare, foarte alterată	—
		Șcarn foarte alterat	—
		Serpentinit foarte alterat	—
		Siderit slab coerent	—
		Șist amfibolic alterat	—
		Șist silicios : argilos, marnos sau grezos, compact (ex. șist negru)	—
		Șist cloritos, sericitic, grafitos, muscovitic, biotitic, calcaros sau dolomitic cu intercalații de cuarț, alterat	—
		Șist cuarțos : cloritos, sericitic, grafitos, muscovitic, biotitic, calcaros sau dolomitic, nealterat	—
		Șist verde nealterat	—
V Foarte tare (FT)	9	Amfibolit alterat	—
		Ankerit slab silicios	—
		Calcar dolomitic silicios compact	—
		Calcar silcios compact	—
		Calcar cuarțitic	—
		Corneeană alterată	—
		Cuarțit calcaros sau dolomitic, alterat	—
		Dolomit silicios compact	—
		Dolomit cuarțitic	—
		Gnais și granognais cu granulație mare, alterat sau cu granulație mică foarte alterat	—
		Gresie silicioasă compactă	siluriană, liasică și din alte formațiuni precretacice, Kliwa, oligocenă din Valea Jiului
		Hematic compact sau în strate subțiri	—
		Limonit silicios nealterat	—
		Magnetit	—
		Minereu de mangan alcătuit din rodonit și rodocrozit, asociat cu cuarț în cantitate mică	—
		Minereu piritos și complex compact	—
		Pergmatit cuarțos (cuarț peste 50%) foarte alterat	—
		Pegmatit feldspatic (cuarț sub 50%) alterat	—
		Porfiroid masiv cu granulație mare, alterat	—
		Rocă magmatică, bazică și ultrabazică cu granulație mare, nealterată sau cu granulație mică, alterată	—
		Rocă magmatică, acidă și neutră, cu granulație mare, alterată sau cu granulație mică, foarte alterată	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
V Extra tare (FT)	9	Scarn alterat	—
		Serpentinit nealterat	—
		Siderit coerent şi siderit slab silicios	—
		Şist anfibolic nealterat	—
		Şist: cloritos, sericitic, grafitos, muscovitic, biotitic, calcaros sau dolomitic cu intercalaţii de cuarţ nealterat	—
		Şist cuarţitic cu sau fără clorit, sericit, muscovit, biotit, grafit, alterat	—
		Şist negru silicios alterat	—
		Tuf vulcanic silicifiat	—
VI Extra tare (ET)	10	Amfibolit nealterat	—
		Ankerit silicios	—
		Brecie cu fragmente de roci magmatice şi metamorfice sau de roci sedimentare foarte tari (gresii silicioase, calcare compacte, jaspuri) cu ciment silicios	—
		Conglomerat şi microconglomerat cu fragmente de roci sedimentare foarte tari (gresii silicioase, calcare compacte, jaspuri) cu ciment silicios	—
		Corneeană nealterată	—
		Cuarţit fisurat sau alterat	—
		Cuarţit calcaros sau dolomitic, nealterat	
		Gnais şi granognais cu granulaţie mare nealterat sau cu granulaţie mică alterat	—
		Hematit slab silicios	—
		Magnetit slab silicios	—
		Minereu de mangan alcătuit din ronit, rodocrozit şi cuart	—
		Minereu piritos şi complex, slab silicios	—
		Pegmatit cuarţos (cuarţ peste 50%) alterat	—
		Pegmatit feldspatic (cuarţ sub 50%) nealterat	—
		Porfiroid masiv cu granulaţie mare nealterat, sau cu granulaţie mică alterat	—
		Rocă magmatică bazică şi ultrabazică cu granulaţie mică, nealterată	—
		Rocă magmatică acidă şi neutră cu granulaţie mare, nealterată sau cu granulaţie mică, alterată	—
		Scarn nealterat	—
		Siderit silicios	—
		Şist cuarţitic cu sau fără clorit, sericit, muscovit, biotit, grafit, nealterat	—
		Şist negru silicios nealterat	—

Tabela 1 (continuare)

Tăria rocilor		Denumirea rocilor reprezentative	Vîrsta
Grupa	Categoria		
VI Extra tare (ET)	11	Aglomerat vulcanic cu ciment de lavă	—
		Brecie vulcanică cu ciment de lavă	—
		Conglomerat și microconglomerat cu fragmente cu cuarț și ciment silicios, compact	permiană-liasică
		Corneană silicioasă	—
		Cuarțit nealterat	—
		Cuarț feruginos	—
		Cuarț filinian diaclazat	—
		Gnais și granognais cu granulație mică, nealterat	—
		Hematit silicos sau cu benzi de cuarț	—
		Jasp argilitic	—
		Jasp calcaros	tip calovian
		Menilit	—
		Minereu piritos și complex, asociat cu cuarț	—
		Pegmatit cuarțos (cuarț peste 50%) nealterat	—
		Porfiroid masiv granulație mică, nealterat	—
		Rocă magmatică acidă și neutră cu granulație mică, nealterată	—
		Rocă magmatică sticloasă, criptocristalină sau silicifiată	—
VI Extra tare (ET)	12	Cuarțit compact	—
		Cuarț compact	—
		Jasp compact	—
		Silex și silexit	—

Scanned with OKEN Scanner

CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU ROCI COEZIVE

In lucrările inginerești, rocile pot fi folosite ca materiale de construcție sau ca fundament al construcțiilor. Selecționarea rocilor se face în funcție de mai mulți factori, printre care cei mai importanți sînt:

— Intrebuințarea; din acest punct de vedere rocile pot fi folosite la fundații, zidărie, placaje, ornamente, acoperișuri, pavaje, sau ca balast pentru căile de comunicație.

— Proprietățile tehnice temporare sau permanente; greutate specifică, greutate volumetrică, permeabilitate, rezistență la eforturi mecanice și intemperii etc.

— Clima regiunii unde urmează a fi folosite rocile; pentru cunoașterea rezistenței la alterare, rocile se cercetează sistematic prin punerea lor în laborator, în condițiile climatice pe care le au de învins, atunci cînd sînt puse în operă.

— Prețul de cost în carieră; acesta este în funcție de condițiile de exploatare, de proprietățile tehnice ale rocilor, de gradul de mecanizare al instalațiilor folosite în exploatare.

— Distanța de la carieră la locul de întrebuințare și gradul de dezvoltare a transporturilor în regiune; piatra pentru diferite construcții este căutată și exploatată pe cît este posibil în împrejurimile construcțiilor respective, deoarece cheltuielile făcute cu transportul pietrei ridică foarte mult prețul de cost al acesteia, mai ales atunci cînd căile de comunicație sînt slab dezvoltate. De aceea, numai în cazul cînd piatra necesară lipsește în împrejurimi este adusă de la distanță mare.

— Importanța construcției la care urmează să fie folosite rocile.

Pentru punerea în evidență a caracterelor fizice și mecanice ale rocilor și pentru a stabili dacă acestea corespund sau nu atît scopului urmărit pe teren cît și în laborator, probele de roci sînt supuse la numeroase încercări tehnice. Pe baza rezultatelor obținute se trece apoi la deschiderea carierelor și la utilizarea rocilor conform caracteristicilor tehnice.

Scanned with OKEN Scanner

Luarea probelor de roci este o operație care se execută după anumite norme :

— probele se iau de către specialiști sau sub directa supraveghere a acestora, din rocile proaspete, după decaparea stratului de alterație superficială ; uneori, pentru determinarea condițiilor în care se produce dezagregarea se iau și probe din rocile alterate ;

— probele se iau din puncte diferite, de acolo unde rocile prezintă caractere medii nu excepționale și în număr suficient pentru toate analizele care urmează să se execute ; o atenție deosebită trebuie dată rocilor sedimentare și metamorfice șistoase, deoarece caracterele acestora variază mult pe verticală. Pentru roci compacte, dimensiunile probelor trebuie să fie aproximativ 15×10×5 cm. În cazul rocilor dezagregate, probele se iau în saci speciali și în cantități anumite, în funcție de analizele care trebuie efectuate;

— probele se numerotează, se notează pe hartă, și se marchează pe teren locul unde sînt recoltate, pentru a se putea identifica ușor partea de carieră care corespunde cerințelor tehnice-geologice impuse de construcții, pentru rocile respective.

Probele recoltate și aduse în laborator sînt supuse mai întîi unui examen petrografic, și numai după aceea la încercări pentru determinarea proprietăților fizico-mecanice și a comportării lor față de acțiunea agenților atmosferici.

A. EXAMINAREA PETROGRAFICĂ A ROCILOR

Examinarea petrografică a rocilor comportă cercetări cu privire la natura rocilor, compoziția mineralogică și chimică, coloritul, structura și textura lor, precum și starea de alterație.

a. Natura petrografică

Natura petrografică a rocilor se determină cu ochiul liber sau cu microscopul, în funcție de mărimea particulelor componente. Acest studiu dă posibilitatea încadrării imediate a rocilor într-o clasificare tehnico-geologică și permite să se aprecieze calitatea și condițiile de întrebuințare a rocilor. Astfel, rocile magmatice și, în special, cele bazice sînt cele mai rezistente : vin apoi rocile metamorfice cu cristalinitate înaintată și șistozitate redusă și, în fine, rocile sedimentare cimentate, cum sînt gresiile și conglomeratele cuarțitice, calcarele etc.

Deosebirile de rezistență între diferitele tipuri de roci se pot observa pe teren după aspectul morfologic al reliefului. Rocile magmatice, unele șisturi cristaline mezo- și catazonale, calcarele și cuarțitele sedimentare formează vîrfurile și crestele stîncoase, spre deosebire de unele șisturi epizonale și rocile sedimentare moi, care formează un relief cu pante domoale.

Natura petrografică a rocilor este trădată și de caracterul vegetației și coloritul acesteia.

Scanned with OKEN Scanner

b. Compoziția mineralogică și chimică

Aceasta are importanță deosebită în transmiterea calităților tehnico-mecanice și, în special, în determinarea rezistenței față de acțiunile mecanice și chimice ale agenților externi. De gradul de duritate al elementelor componente și al materialului care le leagă depinde rezistența rocilor la eforturi mecanice și la acțiunea agenților externi.

c. Culoarea rocilor

Este un element important în tehnica construcțiilor, deoarece ajută, pe de o parte, la stabilirea gradului de alterare a rocilor, iar, pe de altă parte, stabilește posibilitățile de folosire la decorarea edificiilor.

Din punctul de vedere al coloritului se deosebesc :

1) *Roci monocrome,* în care sînt cuprinse rocile monominerale, cum sînt marmurele și amfibolitele. Aceste roci își datoresc coloritul culorii naturale a mineralului.

2) *Roci policrome,* în care sînt cuprinse rocile poliminerale, cum sînt rocile eruptive. Culorile proprii ale mineralelor se combină într-un colorit, care este cu atît mai uniform, cu cît mineralele componente sînt mai fine. Dacă un mineral predomină asupra celorlalte, ca, de exemplu, ortoza în granite, culoarea lui determină culoarea rocii care-l conține, în exemplul de față avînd de-a face cu granite roșii.

3) *Roci semipolicrome* sînt rocile care la distanță de cîțiva metri par monocrome, policromia observîndu-se numai de la distanță mică. În această grupă de roci intră multe roci intrusive, cum sînt sienitele, gabrourile etc.

4) *Roci semimonocrome* sînt rocile care deși au o singură culoare, aceasta este distribuită neregulat în masa rocii.

Culoarea rocilor eruptive este împrumutată de mineralele componente. Astfel, de exemplu, culoarea albă este dată de feldspații plagiocaji, culoarea roză de către ortoză, culoarea verde de unii silicați feruginoși (olivină, epidot etc.), iar culoarea neagră de piroxeni și amfiboli.

Culoarea rocilor sedimentare este dată de diferiți pigmenți sau granule minuscule de minerale. Culoarea galben-brună se datorește limonitului, culoarea verde glauconitului sau sulfurilor de fier, culoarea cenușie-neagră substanțelor vegetale incarbonizate, iar culoarea verde negricioasă sulfurii de fier, fin diseminată în masa rocii.

La rocile de construcție și mai ales de ornamentație, repartiția inegală a culorilor este foarte importantă din punctul de vedere al aspectului. În rocile magmatice inegalitatea este datorată răspîndirii inegale a fenocristalelor în masa microlitică, acumulării locale de diferite minerale sau prezenței unor enclave. În rocile sedimentare, această inegalitate este dată de alternanța stratelor și distribuția neuniformă a materiei colorate.

In alegerea rocilor colorate trebuie avut în vedere că acțiunea agenților atmosferici joacă un rol foarte important, deoarece sub influența acestora marea majoritate a rocilor își schimbă aspectul Marmurele cu carbonați

de fier și de mangan sub acțiunea apei de ploaie încărcată cu bioxid de carbon se pătează în brun sau negru, iar cele cu pirită se pătează cu brun, deoarece carbonații și sulfura de fier rezistă mai greu intemperiilor.

Pigmenții organici care dau tonuri cenușii și negre se alterează și mai ușor.

Culorile cele mai durabile sînt acelea date de cristalele colorate, cum sînt cele date de piroxeni, feldspați etc., deoarece sînt mai rezistente la acțiunea agenților atmosferici.

Menținerea culorii depinde și ea de mai mulți factori :

1) Compoziția, structura și textura rocilor ; prezența mineralelor ușor alterabile duce la mărirea suprafețelor de contact a rocilor cu atmosfera și deci la distrugerea lor mai accentuată.

2) Mediul în care sînt expuse rocile ; în interiorul construcțiilor culorile durează mai mult decît la exteriorul acestora.

3) Netezimea suprafețelor ; rocile lustruite, în afară de faptul că devin mai strălucitoare, nu absorb multe gaze, deoarece precipitațiile atmosferice persistă mai puțin pe suprafața lor. Operația de lustruire contribuie la conservarea rocilor și prin faptul că împiedică depunerea prafului și creșterea vegetalelor inferioare, care prin activitatea lor dezagregă rocile. Rocile care se lustruiesc bine sînt alcătuite din minerale care au aceeași duritate, cum sînt granitele, sau sînt roci monominerale, ca, de exemplu, marmura. Așa se explică de ce granitele scandinave lustruite de ghețari au suferit prea puțin din cauza intemperiilor. Dacă rocile sînt formate din minerale dure și minerale moi, prin lustruire elementele dure devin strălucitoare, iar cele moi devin mate. Acestea din urmă permit depunerea prafului, fixarea gazelor și degradarea în timp a rocilor. In general, rocile compacte se lustruiesc mai bine decît cele poroase.

4) Clima regiunii ; aceasta influențează de asemenea durabilitatea culorii și a rocilor, comportarea aceleeași roci în regiuni calde, temperate sau reci fiind diferită. Obeliscurile care au înfruntat timp de milenii intemperiile în Egipt, prezintă semne de degradare după cîțiva ani de expunere în clima de la Londra sau Paris.

d. Structura și textura rocilor

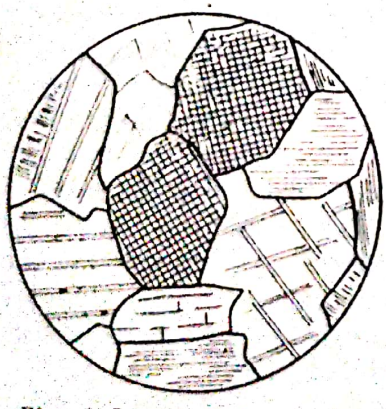


Fig. 1. Legături directe între componenții unei roci eruptive.

Prin structură se înțelege relațiile de dimensiuni, formă și grad de cristalinitate, iar textura reprezintă raporturile de dispoziție in spațiu a componenților. Structura și textura rocilor determină legăturile dintre elementele componente ale rocilor. Acestea pot să fie de două feluri : legături directe și legături indirecte.

Legăturile directe. Se caracterizează prin aceea că mineralele rocilor sînt unite prin simplă adeziune (fig. 1), cum este cazul rocilor eruptive, al șisturilor cristaline și al unor roci sedimentare de tipul calcarelor dure. Legătu-

rile directe sînt de obicei mai rezistente decît mineralele însăși. Spărtura rocilor cu legături directe se face adesea prin corpul componenților, forfecîndu-le, nesituîndu-se la linia de sutură a elementelor.

Rezistența rocilor cu legături directe se mărește atunci cînd componenții au marginile dințate și întrepătrunse, precum și atunci cînd componenții cei mai duri (cuarțul) sînt răspîndiți uniform în masa rocii.

Legăturile indirecte. Sînt legături în care componenții sînt uniți printr-un ciment oarecare. Din această categorie fac parte legăturile rocilor sedimentare detritice, mai rar organogene, la care componenții sînt uniți printr-un ciment, care poate să fie calcaros, argilos, feruginos sau silicios. După modul cum se face legătura dintre particulele componente și ciment, precum și după constituția cimentului se deosebesc mai multe tipuri de cimentație:

1) *Cimentație de bază.* Particulele minerale corodate sau rotunjite sînt răspîndite haotic în masa rocii și nu vin în contact unele cu altele. Cimentul este compact și ocupă tot spațiul dintre granule. Rezistența unor astfel de legături variază în funcție de natura cimentului (fig. 2, *a*, *b*).

2) *Cimentație de pori.* Particulele vin în contact unele cu altele, iar cimentul umple mai mult sau mai puțin spațiile libere (fig. 2, *c*). Rezistența cimentației de pori este foarte variată și depinde de natura cimentului.

3) *Cimentație de contact.* Se caracterizează prin aceea că cimentul se dezvoltă numai la punctele de contact ale granulelor minerale (fig. 2, *d*). Din această cauză, o astfel de legătură este foarte puțin rezistentă.

4) *Cimentație de umplutură.* Se întîlnește la rocile care au fost deja cimentate, însă spațiile dintre particule nu au fost în întregime umplute în faza inițială de cimentare, ci ulterior (fig. 2, *e*). Legăturile de acest fel sînt puțin rezistente.

5) *Cimentație cu ciment grăunțos.* Cimentul este dat de acumularea neregulată a particulelor de roci, de natură și mărime diferită, în general mici, în spațiile libere dintre granulele mari (fig. 2, *f*). Cimentul acesta este de cele mai multe ori calcaros, mai rar argilos, iar rezistența legăturilor depinde de duritatea cimentului.

6) *Cimentație de suprafață.* Se caracterizează prin depunerea cimentului în jurul granulelor sub formă de pături concentrice, în grosime egală (fig. 2, *g*). Natura cimentului poate să fie aceeași cu a granulelor sau diferită. De obicei, o astfel de legătură este dată de calcar, fosfați sau silicați, cînd rocile au rezistență mare.

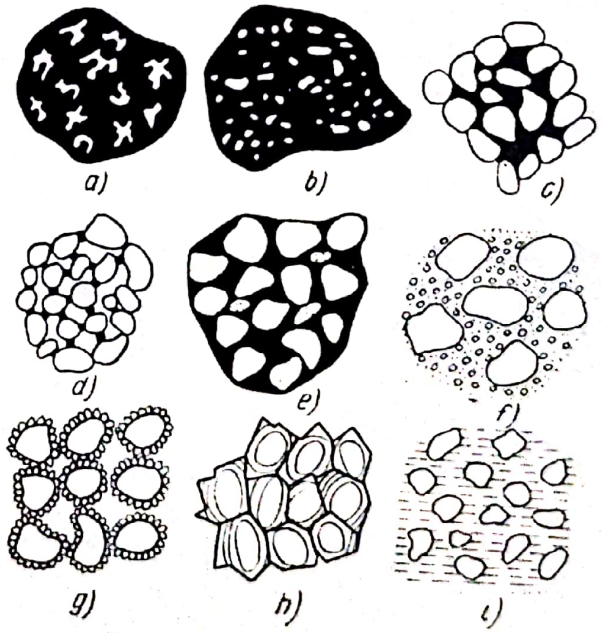


Fig. 2. Tipuri de cimentație:
a, *b* — de bază; *c* — de pori; *d* — de contact; e — de umplutură; *f* — cu ciment grăunțos; g — de suprafață; *h* — de cristalizare; *i* — de creștere.

7) *Cimentație de cristalizare.* Se întîlnește de obicei la gresiile și conglomeratele cuarților. Granulele și cimentul au aceeași compoziție și orientare optică, particulele componente crescînd în dauna cimentului (fig. 2, *h*). Rezistența legăturilor de cristalizare este foarte mare.

8) *Cimentație de creștere.* Se caracterizează prin faptul că particulele componente sînt legate prin ciment cristalizat, care are o orientare optică proprie (fig. 2, *i*). Cimentația de creștere se întîlnește în general la rocile calcaroase și conferă acestora rezistență mare.

e. Starea de alterație a rocilor

Aceasta este determinată de acțiunea agenților atmosferici, dînd indicații asupra rezistenței rocilor la intemperii. Astfel, decolorarea rocilor colorate, pulverizarea sau coalinizarea feldspaților, sfărîmarea ușoară a rocilor, culoarea pămîntoasă a spărturii, mirosul de argilă prin aburire etc. sînt indicii prețioase în ceea ce privește gradul de alterare a rocilor eruptive, metamorfice sau sedimentare.

f. Divizibilitatea

Divizibilitatea este proprietatea rocilor de a se separa sub formă de fragmente de mărimi diferite după direcții determinate. Divizibilitatea nu este același lucru cu fisurația, deoarece se întîlnesc roci nefisurate care se despică ușor, cum sînt rocile șistoase.

Divizibilitatea poate să fie vizibilă, cum este cazul rocilor stratificate, cînd despicarea urmărește planul de stratificație, și latentă, care apare numai după lovire, urmînd direcții determinate, care nu țin seama de stratificație sau șistozitate.

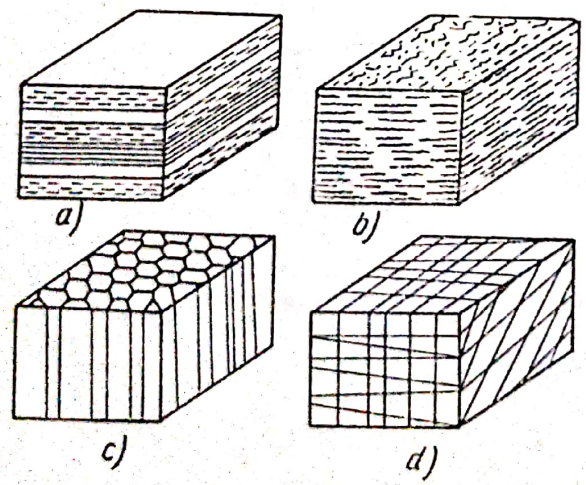


Fig. 3. Divizibilitatea rocilor : *a* — după stratificație ; *b* — după șistozitate ; *c* — după fisuri ; *d* — după fracturi.

Din punct de vedere genetic se disting patru tipuri de divizibilitate (fig. 3) :

1) *Divizibilitatea după stratificație.* Prin lovire numeroase roci sedimentare se desfac după planul de stratificație, deoarece de-a lungul acestuia rezistența la lovire a rocilor este minimă. Acest lucru se explică prin variația în compoziție a rocilor pe verticală, pusă în evidență de pauze în sedimentare și de alterare intensă a rocilor pe plan de stratificație, la contactul cu atmosfera (fig. 3, *a*). Trebuie menționat însă că planul de stra-

tificație a rocilor nu este totdeauna și un plan de dislocație, pentru că, de multe ori, rocile sedimentare nu se desfac în lungul acestor suprafețe.

2) *Divizibilitatea după șistozitate.* Se întîlnește la rocile șistoase și se datorează orientării mineralelor ușor clivabile în plane paralele, cum este cazul micelor. Aceste roci se desfac pe șistozitate în plăci de grosime foarte mică (ardeziile), tocmai datorită așezării paralele în spațiu a mineralelor componente sau, mai bine zis, datorită texturii rocilor (fig. 3, *b*).

3) *Divizibilitatea după fisuri.* Este produsă de fenomenele de contracție care au loc în timpul solidificării rocilor eruptive și ca efect al variațiilor de temperatură. În ceea ce privește orientarea fisurilor în cazul rocilor efuzive, aceasta este perpendiculară pe suprafața de curgere, iar direcția lor este diferită, uneori formînd o rețea poligonală, cum este cazul pentru bazaltele de la Racoș și Detunatele (fig. 3, *c*).

4) *Divizibilitatea după fracturi sau clastică.* Se întîlnește în rocile dure, la un loc cu alte tipuri de divizibilitate (fig. 3, *d*). Fracturile se datoresc forțelor orogenice dezvoltate în timpul diastrofismelor. Divizibilitatea clastică — dacă se datorește fracturilor mici — produce numeroase inconveniente în exploatarea rocilor și în utilizarea lor în construcții, mai ales cînd rocile vin în contact cu apa sau sînt supuse la îngheț.

Divizibilitatea naturală a rocilor este deosebit de importantă din punct de vedere tehnic. Dacă rocile vor fi folosite în construcții, este preferată divizibilitatea în blocuri sau în plăci, din care se pot fasona pietre de dimensiunile cerute. Pentru căi de comunicație este preferată divizibilitatea rocilor sub formă de material mărunt, deoarece divizibilitatea în blocuri necesită un consum suplimentar de explozivi și energie.

g. Omogenitatea rocilor

Aceasta este o altă caracteristică, care determină condițiile de folosire a rocilor ca material de construcție. Pentru ca o rocă să fie omogenă, trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— să nu aibă fisuri sau goluri umplute cu material străin ;

— să nu aibă porțiuni moi sau concrețiuni tari, care complică tăierea și dau naștere la defecte. Omogenitatea rocilor se verifică prin sunetul pe care îl dau la lovire cu ciocanul. O rocă fără defecte dă un sunet clar și se sparge în bucăți, o rocă cu defecte dă un sunet surd și se sfarmă în praf.

B. EXAMINAREA TEHNICO-MECANICĂ A ROCILOR

Examinarea tehnico-mecanică a rocilor se referă la proprietățile tehnice, temporare sau permanente ale rocilor proaspete. Prin proprietăți tehnice se înțeleg constantele fizice ale rocilor și însușirile lor mecanice.

Din grupa constantelor fizice fac parte : porozitatea, umiditatea, gradul de saturație, greutatea specifică, compactitatea, permeabilitatea și proprietățile termice ale rocilor.

Scanned with OKEN Scanner

In grupa caracteristicilor mecanice al rocilor se înscriu : tenacitatea, reprezentată prin tărie sau duritate, rezistența la uzură și comportarea la lucru ; rezistența la solicitări mecanice de compresiune, întindere, forfecare, încovoiere, șoc ; posibilitatea de aderență la diverși lianți ; rezistența rocilor la intemperii.

1. PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE ROCILOR

a. Porozitatea sau volumul porilor

Am arătat că rocile coezive sînt alcătuite din particule solide, cimentate, între care se mai găsesc totuși goluri. Aceste goluri pot fi umplute parțial sau total cu apă, după gradul de umiditate a rocilor. Relațiile dintre partea solidă și goluri se exprimă prin porozitate și cifra porilor.

Volumul porilor n, reprezintă procentual totalitatea golurilor care se întîlnesc într-un anumit volum de rocă.

După natura și modul de formare a porilor se disting două feluri de porozitate :

— *porozitate primară,* reprezentată prin golurile dintre granulele rocilor sedimentare, spațiile dintre fețele de stratificație ale rocilor sedimentare, fisurile din rocile magmatice etc. ;

— *porozitate secundară,* în care sînt cuprinse golurile rezultate în urma acțiunii de dizolvare a apei, fisurile provenite prin contractarea rocilor sau ca efect al mișcărilor tectonice etc.

Porozitatea rocilor sedimentare depinde de forma și modul de așezare a granulelor, gradul de neuniformitate, cimentare și presiunile la care au fost supuse rocile după depunerea lor. Porozitatea este raportul dintre volumul total al porilor V_p și volumul total al rocii V_t (granule+pori), exprimat în procente :

$$n\% = \frac{V_p}{V_t} 100.$$

Porozitatea rocilor se poate determina prin trei metode : metoda absorbției, metoda volumetrică și metoda greutății specifice.

1) *Metoda absorbției* constă în aflarea raportului dintre cantitatea de apă absorbită V_a și volumul rocii uscate V_u :

$$n\% = \frac{V_a}{V_u} 100.$$

Precizia acestei metode depinde de timpul disponibil și metoda aplicată pentru saturarea probei cu apă (saturație rapidă, lentă, prin vacuum sau presiune), precum și de existența comunicațiilor între toți porii rocilor.

2) *Metoda volumetrică* constă în determinarea diferenței dintre volumul total al rocii în stare uscată V_t și volumul părții solide V_s. In acest caz, porozitatea este dată de relația :

$$n\% = \frac{V_t - V_s}{V_t} 100.$$

Scanned with OKEN Scanner

3) *Metoda greutății specifice*. Determinarea directă, experimentală a volumului porilor fiind o operație dificilă, iar rezultatele obținute putînd da naștere la erori, se preferă deducerea lui n prin calcul, dacă se cunosc greutatea specifică γ și greutatea specifică aparentă γ_a, cu relația :

$$n\% = \frac{\gamma - \gamma_a}{\gamma} 100.$$

b. Cifra porilor sau indicele porilor

Cifra porilor ε este raportul dintre volumul golurilor V_p (sau V_g) și volumul substanței solide V_s, dintr-un anumit volum de rocă :

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_s}.$$

Cum

$$V_p = nV_t \text{ și } V_s = (1-n)V_t$$

rezultă că :

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_s} = \frac{nV_t}{(1-n)V_t} = \frac{n}{1-n}.$$

Cunoscînd pe ε, se poate deduce n din relația :

$$n = \frac{V_p}{V_p + V_s} = \frac{\varepsilon V_s}{\varepsilon V_s + V_s} = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon}.$$

Porozitatea și cifra porilor pentru rocile coezive sînt necesare a se determina, deoarece aceste caracteristici influențează defavorabil rezistența rocilor la alterația fizică și chimică. Pe de altă parte, porozitatea mare a rocilor este folositoare la fabricarea anumitor materiale de construcție și la placarea exterioară a edificiilor unde se cer materiale rezistente și ușoare.

Porozitatea rocilor coezive variază foarte mult, atît în ceea ce privește volumul total al porilor cît și dimensiunile lor. Pentru edificare, în tabela 2 este indicată porozitatea principalelor roci coezive folosite în construcții.

Tabela 2

Porozitatea principalelor roci folosite în construcții

Denumirea rocii	n %	Denumirea rocii	n %
Gresii	5 — 25	Granite	0,2 — 0,5
Calcare	0,5 — 13,5	Bazalte	0,29 — 2,75
Marmura	0,8 — 1,13	Profire	0,49 — 0,55

Scanned with OKEN Scanner

c. Umiditatea

Umiditatea W reprezintă raportul, în procente, dintre greutatea apei din porii rocilor (apa care se pierde prin încălzire la 105°C) G_a și greutatea rocii uscate G_s:

$$W\% = \frac{G_a}{G_s} 100.$$

Experimental, umiditatea se obține prin determinarea greutății unei probe de rocă în stare de umiditate naturală G_1 și în stare uscată în etuvă la 105°C până capătă greutate constantă G_2:

$$W\% = \frac{G_1 - G_2}{G_2} 100 = \frac{G_a}{G_s} 100.$$

d. Umiditatea de saturație

Umiditatea de saturație W_{sat} sau umiditatea maximă W_{max} este umiditatea probei saturată cu apă.

$$W_{sat} = \frac{G_a}{G_s} = \frac{n V_t \delta_a}{(1-n) V_t \gamma} = \frac{n}{1-n} \cdot \frac{\delta_a}{\gamma} = \varepsilon \frac{\delta_a}{\gamma},$$

unde:

δ_a este greutatea specifică a apei;
γ — greutatea specifică a rocei

e. Gradul de saturație

Gradul de saturație S sau de umiditate este raportul dintre umiditatea naturală W_n și umiditatea aceleiași roci în stare saturată cu apă W_{sat}:

$$S = \frac{W_n}{W_{sat}} = \frac{W_n}{\frac{\varepsilon \delta_a}{\gamma}} = \frac{W}{\varepsilon \delta_a}.$$

Gradul de saturație a rocilor este un indiciu asupra cantității de apă pe care acestea o pot primi pentru a deveni saturate.

După gradul de saturație, rocile se clasifică astfel:

uscate	— $0 < S < 0{,}4$;
umede	— $0{,}4 < S < 0{,}8$;
foarte umede	— $0{,}8 < S < 1$;
saturate	— $S = 1$.

În tabela 3 se dau valorile gradului de saturație S pentru cîteva roci coezive.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 3

Gradul de saturație a unor roci coezive

Denumirea rocii	S %	Denumirea rocii	S %
Gresii	0,497 — 0,905	Granite	0,565 — 0,855
Calcare	0,300 — 0,994	Bazalte	0,647 — 0,915
Ardezii	0,509 — 0,931	Tufuri vulcanice	0,694 — 0,867

f. Greutatea specifică

Greutatea specifică γ a unei roci este greutatea unității de volum de material solid, fără pori și fisuri.

Greutatea specifică este definită prin raportul dintre greutatea G a materialului și volumul lui V, fără pori și fisuri.

$$\gamma = \frac{G}{V}.$$

În practică, greutatea specifică se determină după STAS 1914-50, cu picnometrul sau cu un balon de sticlă (fig. 4, *a*, *b*).

Greutatea specifică a materialului analizat rezultă din relația :

$$\frac{G}{G + G_1 - G_2},$$

în care :

G este greutatea materialului, în gf;
G_1 — greutatea picnometrului plin cu apă distilată, în gf ;
G_2 — greutatea picnometrului cu material și apă distilată, în gf.

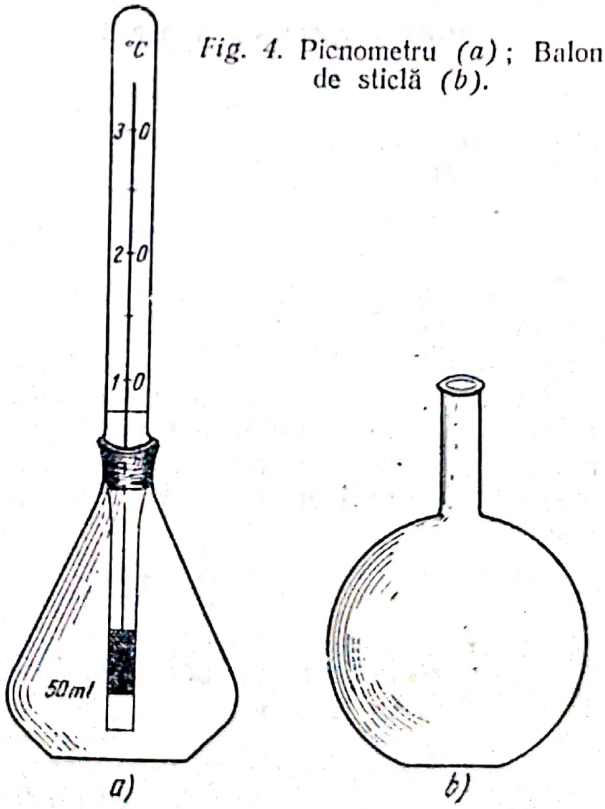


Fig. 4. Picnometru *(a)* ; Balon de sticlă *(b)*.

Greutatea specifică a unei roci se exprimă în gf/cm³, în kgf/dm³ sau în tf/m³.

Greutatea specifică este o caracteristică a materiei din care sînt alcătuite particulele solide ce intră în componența rocilor și este folosită în practică la calculul volumului porilor, compactității și curbei de compresiune-porozitate.

În general, rocile obișnuite au greutatea specifică cuprinsă între 2,64 și 2,70. Un metru cub de rocă compactă poate avea greutatea medie de 2 600 kgf. Greutăți mai mari indică un conținut ridicat de minerale grele (oxizi de fier), iar o scădere sub limită arată prezența materiilor organice.

După cum se constată, greutatea specifică a rocilor dă indicații prețioase asupra naturii mineralogice a acestora, întrucît greutatea specifică variază în funcție de greutatea mineralelor care intră în compoziția rocilor.

În tabela 4 sînt prezentate principalele roci folosite în construcții și greutatea lor specifică.

Tabela 4

Greutatea specifică a principalelor roci folosite în construcții

Denumirea rocii	γ kgf/dm³	Denumirea rocii	γ kgf/dm³
Gresii calcaroase	1,98	Cuarțite	2,49
Gresii silicioase	2,41	Ardezii	2,9
Calcare	2,55	Granite	2,65
Dolomite	2,7	Sienite	2,8
Șisturi cristaline	2,8	Gabrouri	2,94
Marmura	2,75	Diorite	2,5

g. Greutatea specifică aparentă

Greutatea specifică aparentă γ_a sau greutatea volumetrică este raportul dintre greutatea G a rocii în stare naturală, cu pori și fisuri, precum și volumul său aparent V_a, inclusiv porii și fisurile.

$$\gamma_a = \frac{G}{V_a} = \frac{G}{V_s + V_g}.$$

După cum se constată, greutatea specifică aparentă γ_a nu coincide cu greutatea specifică γ, decît în cazul cînd rocile sînt compacte și au greutate specifică egală cu a mineralelor din care sînt alcătuite.

Pentru rocile coezive, greutatea specifică aparentă se determină în laborator pe epruvete de formă geometrică cubică, prismatică sau cilindrică, care se cîntăresc în stare uscată, iar greutatea G, în gf, obținută se raportează la volumul epruvetei V, calculat prin măsurarea elementelor geometrice.

$$\gamma_a = \frac{G}{V} = \frac{\gamma V_s}{V} = \frac{\gamma(1-n)V}{V} = (1-n)\gamma.$$

Pentru rocile care nu pot fi prelucrate în forme geometrice se folosește formula (STAS 1295-50) :

$$\gamma_a = \frac{G}{G_1 - G_2 - \frac{G_1 - G}{\gamma_p}},$$

Scanned with OKEN Scanner

în care :

G reprezintă greutatea probei uscată în gf ;
G_1 — greutatea probei parafinată, în gf ;
G_2 — greutatea probei parafinată, cîntărită sub apă, în gf ;
γ_p — greutatea specifică a parafinei $= 0{,}93$ gf/cm³.

Greutatea specifică aparentă a rocilor care au porii saturați cu apă se determină ținînd seama de faptul că la greutatea particulelor se adaugă greutatea apei din pori.

$$G = (1 - n)\, V\gamma = nV\delta_a ;$$

$$\gamma_a = \frac{G}{V} = (1 - n)\,\gamma + n\delta_a = \delta_a + n\delta_a .$$

Greutatea specifică aparentă a rocilor sub apă γ_{as} se determină luînd în considerație efectul subpresiunii apei.

$$G = (1 - n)\, V\gamma + nV\,\delta_a - V\delta_a = (1 - n)\,(\gamma - \delta_a)\, V ;$$

$$\gamma_{as} = (\gamma - \delta_a)\,(1 - n) = \gamma_a - \delta_a .$$

Greutatea volumetrică a rocilor se exprimă în gf/cm³, kgf/dm³ sau în tf/m³.

Greutatea volumetrică a rocilor se determină pentru cunoașterea greutății lor, cînd aceasta intervine ca sarcină sau dă împingeri laterale. De asemenea, greutatea volumetrică este necesară pentru transportul de materiale și calculul volumului porilor.

In tabela 5 sînt date valorile greutății volumetrice pentru rocile folosite frecvent în construcții.

Tabela 5

Greutatea specifică aparentă a principalelor roci folosite în construcții

Denumirea rocii	γ_a kgf/dm³	Denumirea rocii	γ_a kgf/dm³
Gresii	1,9—2,7	Bazalte	2,6—3,3
Calcare	1,9—2,8	Diabaze	2,7—3,3
Dolomite	2,1—2,9	Tufuri vulcanice	1,8—2
Granite	2,3—2,7	Gnaise	2,6—3
Gabro	2,5—2,9	Amfibolite	2,7—3

Din punctul de vedere al greutății specifice aparente rocilor coezive pot fi clasificate astfel :

semigrele $\gamma_a = 1{,}5 - 2$ (gresii calcaroase) ;
grele $\gamma_a = 2{,}5 - 3$ (calcare, dolomite, roci eruptive, metamorfice) ;
foarte grele $\gamma_a = 3$ (bazalte, minereuri).

h. Compactitatea

Compactitatea C sau gradul de densitate K_d este raportul dintre greutatea volumetrică γ_a și greutatea specifică γ, exprimat în procente:

$$K_d\% = C\% = \frac{\gamma_a}{\gamma} 100.$$

Deoarece pentru majoritatea rocilor $\gamma_a < \gamma$, rezultă că $C<1$; $C=1$ numai pentru rocile compacte.

Diferența:

$$1-C = 1-\frac{\gamma_a}{\gamma} = n.$$

i. Permeabilitatea

Permeabilitatea este proprietatea rocilor de a lăsa apa și aerul să circule cu ușurință prin porii și fisurile lor.

Permeabilitatea la apă a rocilor depinde de dimensiunile porilor și fisurilor, precum și de legătura care există între diferitele goluri din interiorul rocilor. Permeabilitatea crește prin ridicarea temperaturii și mărirea presiunii, factori care au rolul de a mări volumul golurilor și de a micșora viscozitatea apei.

In practică, permeabilitatea se determină prin absorbție de apă.

Capacitatea de absorbție sau *capacitatea de îmbinare* este proprietatea rocilor de a absorbi apa. Această proprietate se exprimă prin coeficientul de îmbibare C_i.

Cunoscînd greutatea rocii uscate, G_u, greutatea rocii îmbibată cu apă G_a și volumul rocii în stare uscată V_u,

$C_i = \frac{G_a - G_u}{G_u}$ (dacă ne referim la greutate) sau

$C_i = \frac{G_a - G_u}{V_u}$ (dacă ne referim la volum).

Absorbția apei depinde de modul de saturare a rocii și se realizează prin:

1) scufundarea rapidă în apă și lăsarea probei în lichid timp îndelungat, pînă aceasta capătă greutate constantă. In acest caz, porii fini nu se umplu cu apă, rămînînd aer în rocă. Umplerea porilor se face în proporție de 45÷73%;

2) scufundarea lentă a probei în apă în timp de 4÷24 ore. Aerul din pori are timp să se evacueze. Umplerea porilor se realizează în proporții de 50÷80%;

3) saturarea probei cu apă prin îndepărtarea aerului din pori cu ajutorul vacuumului. Porii se umplu cu apă în proporție de 80÷99%;

4) absorbția sub presiune ridicată, cuprinsă între 50 și 150 at. Apa este presată în spațiile goale ale rocii timp de 24 de ore. Toți porii deschiși, mici și mari, se umple cu apă. Excepție fac porii închiși, care nu pot fi umpluți oricît de mult ar crește presiunea.

Scanned with OKEN Scanner

Aceste determinări, prin care se stabilește cantitatea de apă absorbită și timpul de absorbție, sînt foarte importante atunci cînd rocile vor fi folosite în regiuni umede.

Coeficientul de saturație C_s este raportul dintre absorbția apei la presiune normală și absorbția apei la presiune de 150 kgf/cm², după evacuarea aerului :

$$C_s = \frac{G_n - G}{G_p - G},$$

în care :

G_n este greutatea probei saturată cu apă la presiunea normală ;
G_p — greutatea probei saturată cu apă la presiune de 150 kgf/cm² ;
G — greutatea probei uscată la 105°C pînă capătă greutate constantă.

Determinarea coeficientului de saturație este foarte importantă pentru studiul rezistenței rocilor la îngheț, coeficientul de gelivitate fiind direct proporțional cu coeficientul de saturație.

In tabela 6 sînt date valorile absorbției la presiune normală, presiune de 150 kgf/cm² și coeficientul de saturație pentru unele roci folosite în construcții.

Tabela 6

Valorile absorbției la unele roci folosite în construcții

Denumirea rocii	Absorbție P normală	Absorbție P=150 kgf/cm²	Coeficientul de saturație
Gresii	1,92— 7,81	2,75—12,85	0,487—0,907
Calcare	0,39— 7,88	0,58—21,19	0,300—0,944
Ardezii	0,55— 1,10	0,70— 2,16	0,694—0,867
Tuf vulcanic	0,20—23,41	12,29—33,75	0,594—0,863
Bazalt	0,27— 1,07	0,39— 1,17	0,647—0,915
Granit	0,57— 0,91	0,69— 1,31	0,565—0,855

Coeficientul de cedare K_d exprimă cantitatea de apă pierdută de rocă după ce a fost saturată cu apă. Acest coeficient prezintă interes practic, fiindcă stabilește ușurința cu care se usucă în aer rocile. El se determină pe cuburile folosite la absorbția apei sub presiune normală prin relația :

$$K_d\% = \frac{G - G_1}{G} 100,$$

în care :

G este greutatea probei de rocă imbibată cu apă la presiunea normală ;
G_1 — greutatea probei de rocă uscată pînă la greutatea constantă.

Coeficientul de permeabilitate K. La rocile sedimentare stratificate și la rocile cristaline, viteza de pătrundere a apei și cantitatea de apă absorbită

Scanned with OKEN Scanner

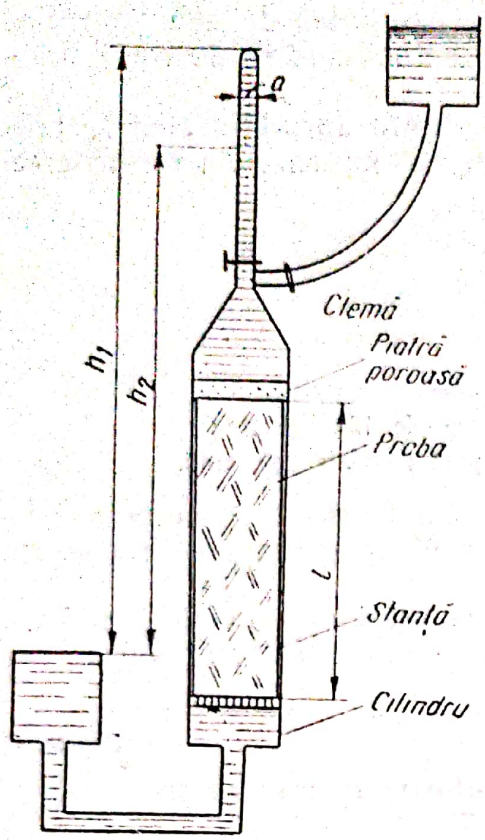


Fig. 5. Permeametru cu gradient variabil.

în unitatea de timp diferă după direcția curentului de apă în raport cu stratificația, respectiv șistozitatea. Cantitatea de apă absorbită și viteza de pătrundere a apei sînt mai mari, paralel cu stratificația sau șistozitatea, și mai mici, perpendicular pe ele. Această deosebire a dus la necesitatea stabilirii coeficientului de permeabilitate K, care se definește ca fiind cantitatea de apă care trece prin probă în unitatea de timp t, pe unitatea de suprafață s, în poziție perpendiculară pe direcția curentului, la presiune și temperatură definită. Pentru calcule preliminare, coeficientul de permeabilitate la rocile coezive se determină cu ajutorul permeametrului cu gradient variabil (fig. 5), folosind relația :

$$K = 2{,}3 \frac{a}{s} \cdot \frac{l}{t} \lg \frac{h_1}{h_2}.$$

Pentru calcule definitive, coeficientul de permeabilitate obținut în laborator se verifică prin pompări experimentale pe teren.

Coeficientul de permeabilitate variază de la rocă la rocă, în funcție de natura, structura și textura rocilor. In general, rocile coezive au coeficient de permeabilitate foarte mic. Astfel, de exemplu, gresiile au $K = 0{,}09 \div 0{,}10$, calcarele compacte $0{,}05 \div 0{,}015$, iar rocile eruptive au coeficient de permeabilitate și mai mic.

Higroscopicitatea este proprietatea rocilor de a absorbi sau adsorbi și a reține o cantitate oarecare de apă. Higroscopicitatea variază în funcție de natura rocilor și porozitatea lor.

Higroscopicitatea este de două feluri : mare, cînd toți porii și fisurile sînt plini cu apă, și mică sau redusă, cînd apa este reținută în cantitate mică și numai datorită forțelor de adsorbție.

Coeficientul de higroscopicitate C_h al unei roci este greutatea apei în grame absorbită de rocă pe unitatea de suprafață (exprimată în cm²), în unitatea de timp t.

Coeficientul de higroscopicitate se determină pe cuburi cu latura de 5 cm, uscate la 105°C, pînă capătă greutatea constantă G. Epruvetele uscate se cufundă într-un vas cu apă pe o înălțime de 5 mm, așezat sub un clopot de sticlă pentru menținerea unei atmosfere umede în jurul epruvetelor. Cuburile se țin sub clopot pînă capătă greutate constantă. Se șterg de apă și se cîntăresc și se obține greutatea G_1.

Coeficientul de higroscopicitate se obține raportînd diferența de greutate între starea umedă și starea uscată a unui cub la suprafața lui și la timpul

necesar pentru absorbția umezelii :

$$G_h = \frac{G - G_1}{s + t}.$$

Permeabilitatea rocilor la aer. Rocile poroase sînt permeabile și pentru aer, nu numai pentru apă. Experiențele făcute asupra unor roci au dovedit acest lucru. Dacă se iau, de exemplu, gresii uscate la greutate constantă și se trimite un curent de aer asupra lor, se constată că aerul care le-a traversat poate stinge chiar o luminare situată înapoia gresiilor.

Proprietatea rocilor de a fi permeabile la aer foarte importantă pentru aerisirea terenurilor și a edificiilor.

j. Proprietățile termice ale rocilor

Proprietățile termice privesc comportarea rocilor sub acțiunea căldurii. Din punct de vedere practic interesează : conductibilitatea termică, coeficientul de dilatare și rezistența la foc.

1) *Conductibilitatea termică.* Rocile în general sînt rău conducătoare de căldură.

Conductibilitatea termică a rocilor depinde de natura, culoarea și gradul lor de umiditate. Rocile eruptive care au mineralele orientate în toate direcțiile conduc căldura cu viteze egale în toate sensurile. Rocile stratificate și șisturile cristaline au conductibilitatea termică mai mare pe stratificație, respectiv pe șistozitate, decît perpendicular pe ele.

Culoarea rocilor influențează și ea conductibilitatea termică, în sensul că mineralele negre și, în general, cele închise la culoare absorb mai multă căldură decît cele albe. Această proprietate este în strînsă legătură cu chimismul mineralelor.

Umiditatea este foarte importantă pentru încălzirea rocilor, pentru că apa absoarbe multă căldură, datorită căldurii sale specifice ridicată. Solurile nisipoase fiind mai sărace în apă, se încălzesc repede, dar se răcesc repede. Cele argiloase sînt dificil de încălzit, fiindcă reține mai mult timp apa, însă se răcesc greu.

Conductibilitatea termică a rocilor se exprimă prin coeficientul de conductibilitate termică, care este cantitatea de căldură ce trece în unitatea de timp pe unitate de suprafață, prin grosimea de 1 cm de rocă, pentru obținerea unei diferențe de temperatură de 1°C.

Conductibilitatea termică variază de la rocă la rocă și are mare importanță în studiul temperaturilor din interiorul tunelurilor și în construcții. Rocile cu permeabilitate ridicată permit infiltrarea apelor, iar acestea pot coborî sau ridica temperatura rocilor, fapt care are mare importanță în săparea tunelurilor. Rocile permeabile la aer, atunci cînd sînt uscate, împiedică egalizarea temperaturilor de o parte și de alta a pereților. Din această cauză, rocile sînt superioare metalelor, însă sînt inferioare lemnului, care are conductibilitate termică mai mică. De aceea, locuințele construite din lemn sînt mai călduroase decît cele de piatră sau de cărămidă.

2) *Coeficientul de dilatație.* Ca toate substanțele, rocile se dilată sub acțiunea căldurii. Dilatarea lor față de a metalelor este însă foarte mică și variază cu direcția. Dilatarea se produce mai mult în lungime decît pe

Scanned with OKEN Scanner

lățime. Deși coeficientul de dilatare este mic la roci, atunci cînd acestea sînt puse în operă, de exemplu pe zidurile exterioare, trebuie să se țină seama de el și să se lase spații între plăci, mai ales în părțile edificiilor expuse la soare.

3) *Rezistența la foc.* Aceasta este o proprietate care prezintă interes practic, în cazul cînd rocile puse în operă sînt supuse incendiilor. Din cauza răcirii brusce, sub acțiunea jetului de apă, rocile tind să crape, mai ales atunci cînd sînt puternic încălzite.

Rezistența la foc variază de la rocă la rocă. Rezistă mai bine la foc rocile care au minerale cu punct înalt de topire și rocile omogene, alcătuite din elemente cu aceeași temperatură de fuziune sau aproape aceeași. Rocile heterogene se distrug foarte ușor.

2. ÎNSUȘIRILE MECANICE ALE ROCILOR

Prin însușiri mecanice se înțelege rezistența pe care rocile o opun diferitelor solicitări mecanice la care sînt supuse.

Calitățile mecanice ale rocilor depind de caracteristicile lor fizice : compoziția chimică a particulelor, mărimea, forma și dispunerea lor în rocă, numărul și mărimea porilor, conținutul în apă, natura și intensitatea forțelor care acționează între moleculele de apă și particulele solide.

Intre proprietățile mecanice ale rocilor se numără :
— tenacitatea rocilor ;
— rezistența rocilor la eforturi mecanice ;
— aderența rocilor la lianți ;
— rezistența rocilor la intemperii.

a. Tenacitatea rocilor

Tenacitatea este rezistența pe care o opun rocile la acțiunea agenților mecanici. Ea se manifestă prin duritate pentru minerale și roci monominerale, tărie pentru roci, rezistență la uzură și comportare la lucru.

1) *Duritatea* este rezistența pe care suprafața netedă a unui mineral o opune pătrunderii unui vîrf ascuțit prin zgîriere sau lovire.

Duritatea mineralelor se determină după scara lui Mohs, prin zgîrierea mineralului cercetat cu ajutorul unui alt mineral, a cărei duritate este cunoscută și cuprinsă în scara de duritate menționată. Scara lui Mohs cuprinde 10 minerale, așezate în ordinea creșterii durității lor :

1. Talc 2. Gips	se zgîrie cu unghia.
3. Calcit 4. Fluorină	se zgîrie cu sticla.
5. Apatit 6. Ortoză	se zgîrie cu vîrful de oțel.
7. Cuarț 8. Topaz	zgîrie sticla.
9. Corindon 10. Diamant	zgîrie toate mineralele.

Scanned with OKEN Scanner

2) *Tăria.* Determinarea tăriei este o operație dificilă, deoarece rocile sînt agregate de minerale cu proprietăți fizico-mecanice diferite. Rezultatele obținute sînt mai aproape de realitate, cu cît rocile sînt mai omogene și au elementele de dimensiuni mai mici.

În practică, tăria relativă la zgîriere sau la pătrundere (tăria teoretică) se determină prin calcul, în funcție de compoziția mineralogică a rocilor, astfel: se determină conținutul procentual al mineralelor componente pentru fiecare mineral în parte, acesta se înmulțește cu duritatea mineralului luată după scara lui Mohs, iar suma produselor se împarte cu 100.

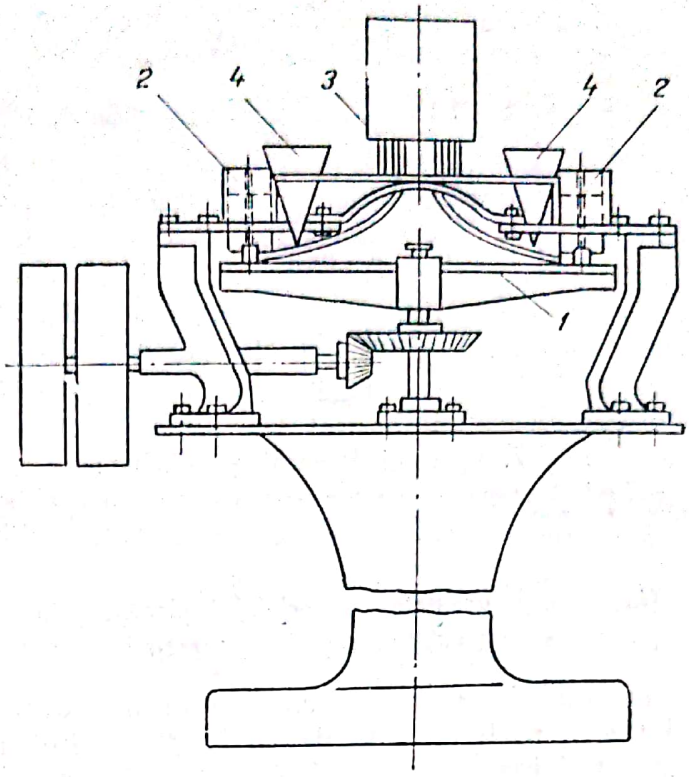


Fig. 6. Mașina Dorry:
1 — discul de fontă; *2* — dispozitiv de reglare; *3* — dispozitiv pentru scurgerea apei pe disc; *4* — dispozitiv pentru scurgerea nisipului pe disc.

Determinînd în felul acesta tăria rocilor, se constată că tăria cea mai mare o au rocile cu conținut ridicat de SiO_2; cuarțitele (95% SiO_2, duritate=6,63), granitele (74% SiO_2=duritate 6,54) etc.

Expeditiv, se poate aprecia tăria unei roci prin tăiere simplă, cu ajutorul unui cuțit, a unei probe, printr-un efort normal. Adîncimea de tăiere, în mm, reprezintă tăria rocilor.

3) *Rezistența la uzură* este rezistența pe care o opune o rocă unui efort de presiune combinat cu o deplasare (frecare). Efortul este dat de alt corp, de aceeași natură sau de natură diferită. Rezistența la uzură depinde de duritatea particulelor componente, modul lor de răspîndire în rocă și de starea lor de agregare. De asemenea, rezistența la uzură mai depinde și de natura pulberii folosită la determinare: nisip silicios, carborundum etc.

Rezistența la uzură a rocilor se determină în laborator prin șlefuire, folosind mașina de șlefuit cu disc orizontal tip Dorry (fig. 6) și Bauschinger-Böhme (fig. 7).

Rezistența la uzură se determină la mașina Dorry pentru 1 000 de rotații ale discului, deși încercarea se face pentru 2 000 de rotații, aplicînd relația:

$$\sigma_{uz}\% = \frac{G - G_1}{2G} 100.$$

Scanned with OKEN Scanner

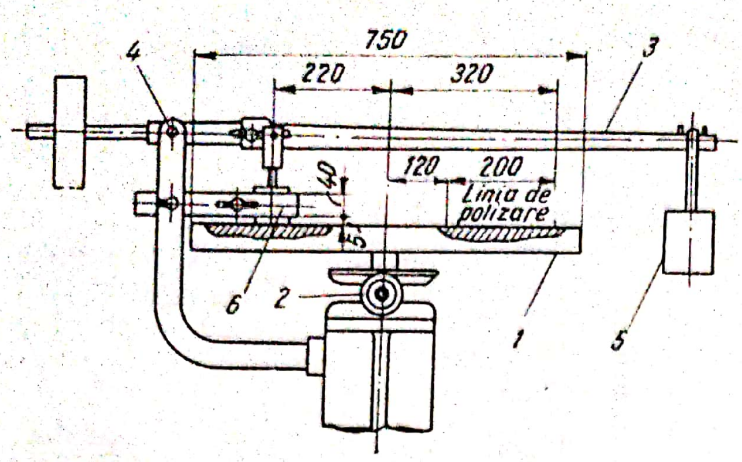


Fig. 7. Aparatul Bauschinger-Böhme :
1 — discul de fontă ; *2* — sistem automat de oprire ; *3* — pîrghie ; *4* — suportul pîrghiei ; *5* — platan de balanță pentru greutăți ; *6* — dispozitiv de prindere a epruvetei.

La mașina Bauschinger-Böhme, încercarea este terminată după 440 de rotații ale discului și rezistența la uzură se apreciază prin uzura, în mm, a epruvetelor sau cu relația :

$$\sigma_{uz}{}^{0}/_{0} = \frac{G_u}{\gamma_a} 100,$$

în care :

G reprezintă greutatea inițială a epruvetei, în gf ;
G_1 — greutatea epruvetei după 2 000 de rotații, în gf ;
G_u — greutatea materialului pierdut prin uzura epruvetei, în gf ;
γ_a — greutatea specifică aparentă a materialului epruvetei, în gf/cm³.

De menționat că, în cazul rocilor sedimentare și al șisturilor cristaline șistoase, rezistența la uzură se determină atît paralel cu stratificația, respectiv șistozitatea, cît și perpendicular pe ele.

Rezistența la uzură se determină pentru rocile folosite în construcțiile supuse unor acțiuni de frecare repetată : drumuri, pavaje, scări etc. De asemenea se determină pentru rocile folosite la placarea edificiilor importante, construcția monumentelor, ca și stabilirea indicilor de perforare în lucrările miniere.

Pentru aprecierea calității rocilor din punctul de vedere al rezistenței la uzură se folosește coeficientul de calitate C.

$$C = \frac{40}{\sigma_{uz}{}^{0}/_{0}}.$$

Pe baza acestui coeficient rocile se clasifică astfel :

— slabe	$C < 7$;
— mediocre	$C = 7 \div 9$;
— acceptabile	$C = 9 \div 11$;
— bune	$C = 11 \div 13$;
— foarte bune	$C = 13 \div 15$;
— excelente	$C > 15$

4) *Comportarea rocilor la lucru* este atitudinea pe care o au rocile față de acțiunea de fasonare în forme diferite și cu diverse caracteristici ale suprafeței. Această proprietate se referă la următoarele tipuri de operații la care sînt supuse rocile : despicarea, tăierea, sculptarea și finisarea (șlefuirea, polizarea, lustruirea).

Despicarea este una din cele mai importante proprietăți ale rocilor și se referă la desfacerea lor în forme variate sub lovitura ciocanului. Des-

picarea corespunde în parte divizibilității, însă se deosebește de aceasta prin faptul că despicarea se face după planul dorit de operator, indiferent de divizibilitate.

Despicarea rocilor depinde de divizibilitatea, structura și textura rocilor.

Tăierea este rezistența pe care o opun rocile la tăierea cu ferăstrăul. Din acest punct de vedere rocile se împart în :

— roci moi, care se taie ușor cu ferăstrăul cu dinți de oțel ; de exemplu, tufurile vulcanice, calcarele moi etc. ;

— roci semitari, care se taie cu ferăstrăul cu dinți, dar se taie mai ușor cu ferăstrăul de oțel fără dinți (neted), cu ajutorul abrazivilor ; de exemplu, calcarele compacte, gresiile etc. ;

— roci tari, care nu se taie decît cu ferăstrăul fără dinți, cu abrazivi : de exemplu, marmurele ;

— roci foarte tari, care se taie cu ferăstrăul fără dinți și necesită folosirea pulberii de diamant ; de exemplu, rocile eruptive.

Sculptarea rocilor depinde de structura lor. Rocile fine se sculptează mai ușor decît cele cu structură grosieră. Răspîndirea neregulată a mineralelor în masa rocii este mai favorabilă decît dispunerea lor în strate paralele.

In sculptarea rocilor intervine și umiditatea naturală. Rocile cu apă de carieră se cioplesc mai ușor decît cele uscate, de aceea este indicat ca fasonarea rocilor să se facă imediat ce acestea au fost scoase din zăcămînt.

Finisarea rocilor întrebuințate în scopuri decorative a dus la stabilirea gradelor de prelucrare în acest sens.

— șlefuirea este operația prin care se șterg urmele instrumentelor de tăiere ;

— polizarea și lustruirea măresc gradul de finisare, suprafețele șlefuite devenind lucioase ca oglinda. Gradul de lustruire se determină prin măsurarea capacității de reflexie a suprafețelor prelucrate.

Suprafața de spargere (spărtura), prin aspectul ei, permite să se recunoască nu numai natura rocilor, ci și aptitudinea rocilor de a fi prelucrate după dorință.

Suprafața de spargere poate fi :
— așchioasă sau concoidală, la rocile foarte tari ;
— colțuroasă neregulată, la rocile tari ;
— neregulată sau plană, la rocile semitari ;
— grăunțoasă, la rocile sfărîmicioase ;
— pămîntoasă, la rocile foarte moi.

b. Rezistența rocilor la eforturi mecanice

Intrebuințarea pietrelor naturale la executarea edificiilor mari, a tunelurilor, podurilor și ca elemente arhitectonice, unde rocile sînt solicitate la diferite eforturi, a condus la necesitatea determinării caracteristicilor mecanice ale rocilor folosite în construcții.

Scanned with OKEN Scanner

Prin rezistența rocilor la eforturi mecanice se înțelege rezistența pe care acestea o opun încercărilor de rupere prin compresiune sau strivire, întindere sau tracțiune, forfecare sau tăiere, încovoiere sau flexiune, cioc-nire sau șoc, obosire, sfărîmare (pentru piatră spartă și pietriș).

1) *Rezistența de rupere la compresiune* σ_{rc}. Rezistența la compresiune este calitatea principală pe care trebuie să o aibă rocile folosite în construcții grele.

Rezistența la compresiune a rocilor coezive este rezistența pe care rocile respective o opun tendinței de rupere prin strivire. Rezistența la compre-siune depinde de mai mulți factori :

— Natura mineralelor care alcătuiesc rocile și modul lor de legătură. Rocile magmatice, alcătuite din minerale primare legate prin legături directe sînt mai rezistente decît cele sedimentare, în care particulele componente, de origine diferită, sînt unite prin legături indirecte.

— Structura și textura rocilor. Rezistența la compresiune este mai mare la rocile cu granule de talie mijlocie și mică, răspîndite uniform în masa rocilor, decît la rocile cu granule de mărimi diferite, dispuse în planuri paralele. In cazul rocilor sedimentare sau șisturi cristaline, rezistența la compresiune este mai mare atunci cînd efortul este dirijat perpendicular pe stratificație sau șistozitate, decît paralel cu acestea (fig. 8).

— Compactitatea rocilor. Rezistența la compresiune este invers propor-țională cu porozitatea rocilor.

— Absorbția de apă. Umiditatea ridicată a rocilor, absorbția mare de apă, micșorează mult rezistența la compresiune.

— Gradul de alterație. Rezistă mai bine la compresiune rocile cu elemen-tele și cimentul nealterate.

— Vîrsta rocilor și fenomenele geologice la care au fost supuse. S-a con-statat că rezistă mai bine la compresiune rocile mai vechi, nestrivite prin fenomene de orogeneză.

Rezistența la compresiune a rocilor se determină pe probe în stare uscată și în stare saturată cu apă.

Pentru aflarea rezistenței la compresiune a unei roci în stare uscată se confecționează cinci epruvete cu muchiile de 5 cm și fețele sensibil paralele. După ce capătă greutate constantă, prin uscare în etuvă la 105°C, cuburile sînt supuse la compresiune într-o presă metalică. Rezistența de rupere la compresiune σ_{rc} a unei epruvete se află raportînd sarcina de rupere N_{max}, în kgf, la suprafața probei A_0, în cm²,

$$\sigma_{rc} = \frac{N_{max}}{A_0} \text{ [kgf/cm}^2\text{]}.$$

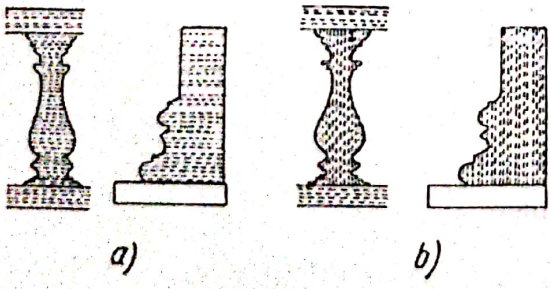


Fig. 8. Elemente arhitectonice supuse eforturilor de compresiune :
a — direcție favorabilă ; *b* — direcție nefavorabilă (după Stiny)

Variația deformațiilor în raport cu sarcinile aplicate se trece pe o dia-gramă (fig. 9). Porțiunea *A—B* a curbei este lineară și reprezintă do-

meniul deformațiilor elastice, între presiunea P și deformația T existînd proporționalitate. Din punctul B spre C începe domeniul deformațiilor plastice și al curgerii pînă la rupere. Din figura 9 se constată că domeniul deformațiilor elastice la rocile coezive este foarte mare în comparație cu cel al deformațiilor plastice.

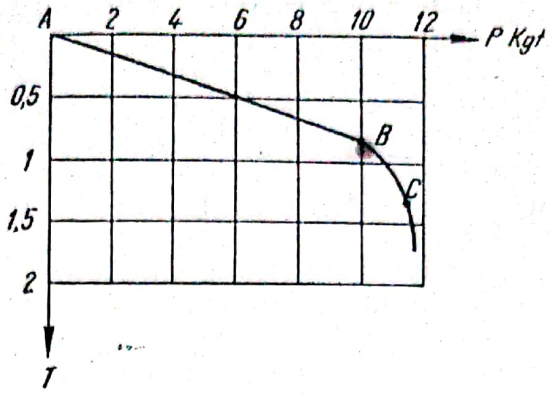


Fig. 9. Curba deformațiilor la roci coezive.

Pentru aflarea rezistenței de rupere la compresiune în stare saturată cu apă σ_{rcs} se procedează ca mai sus, cu deosebirea că, în prealabil, epruvetele sînt ținute în apă la presiune normală pînă capătă greutate constantă. Scăderea rezistenței la compresiune în stare saturată σ_{rcs} față de rezistența la compresiune în stare uscată σ_{rc} dă coeficientul de înmuiere η_s;

$$\eta_s{}^0/_0 = \frac{\sigma_{rc} - \sigma_{rcs}}{\sigma_{rc}} 100.$$

Coeficientul de înmuiere are importanță deosebită atunci cînd rocile sînt folosite sub apă sau în contact cu apa. Valoarea lui nu trebuie să fie mai mare de 0,1.

In ceea ce privește modul de încercare a rocilor la compresiune, acesta depinde de structura și textura lor. Pentru rocile eruptive, în care componentele sînt orientate în toate sensurile, încercarea de rupere prin compresiune se execută pe oricare din fețele epruvetelor. In cazul rocilor sedimentare, încercările se fac perpendicular pe stratificație, iar la rocile metamorfice, perpendicular și paralel cu șistozitatea.

Forma epruvetelor strivite este diferită, la rocile eruptive și sedimentare tari, ruptura producîndu-se după două trunchiuri de piramidă unite prin vîrf (fig. 10, *a*, *b*), la alte roci, ca, de exemplu, la cuarțite, ruperea producîndu-se după prisme lungi, paralele cu direcția eforturilor (fig. 10, *c*).

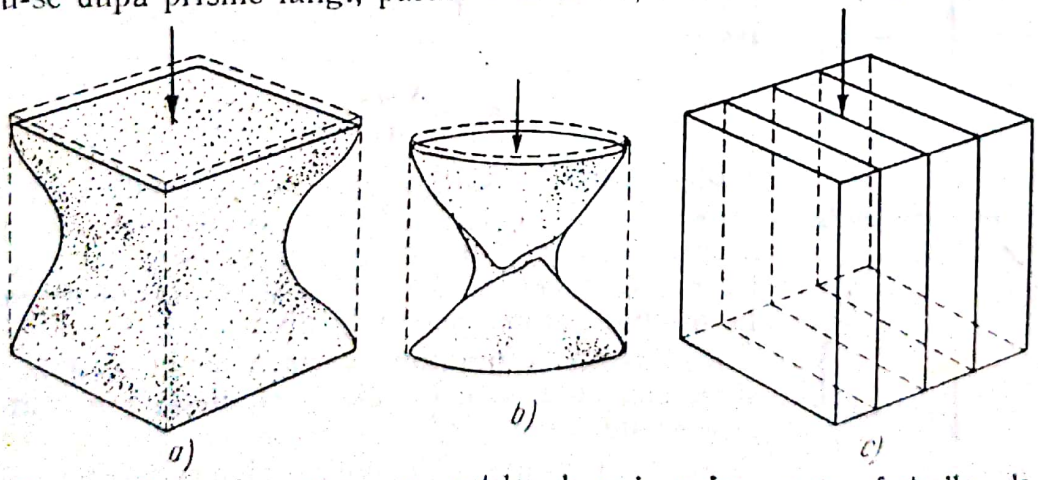


Fig. 10. Forma de rupere a epruvetelor de roci coezive supuse eforturilor de compresiune :

a, b — roci eruptive și sedimentare tari ; *c* — cuarțite.

Elasticitatea rocilor coezive. Elasticitatea este proprietatea corpurilor solide de a se deforma sub acțiunea eforturilor exterioare și de a-și recăpăta forma inițială după încetarea eforturilor.

In natură nu se întîlnesc corpuri perfect elastice. Rocile sînt asociații de cristale mono- și poliminerale, prinse adesea într-un ciment de natură diferită. Din această cauză, rocile se prezintă drept corpuri mai mult sau mai puțin elastice, în funcție de structura și textura lor.

Sub acțiunea eforturilor exterioare, rocile se deformează acumulînd energie de presiune. După încetarea eforturilor, rocile încearcă o revenire la forma inițială. Energia acumulată este eliberată numai în parte și din această cauză rocile prezintă o deformație permanentă. Mărimea deformației depinde de structura și textura rocilor și de direcția pe care se exercită eforturile.

Intre eforturile exterioare și deformațiile pe care le suferă rocile există o relație de dependență, legea lui Hooke. Această lege arată că modulul de elasticitate E (modulul lui Young) este egal cu raportul dintre efortul σ și deformația specifică ε :

$$E=\frac{\sigma}{\varepsilon}.$$

$$\text{unde } \varepsilon=\frac{\Delta H \text{ (deformare reală)}}{H \text{ (înălțimea inițială a epruvetei)}}.$$

Legea lui Hooke se aplică la toate corpurile cu proprietăți elastice, cu condiția ca între eforturi și deformații să existe proporționalitate, adică :

$$E=\frac{\sigma}{\varepsilon}.$$

2) *Rezistența de rupere la tracțiune* σ_{rt}. Rezistența la tracțiune sau întindere este determinată de forța necesară ruperii prin tracțiune a unei probe de rocă, de formă și dimensiuni date, în general în formă de opt (fig. 11).

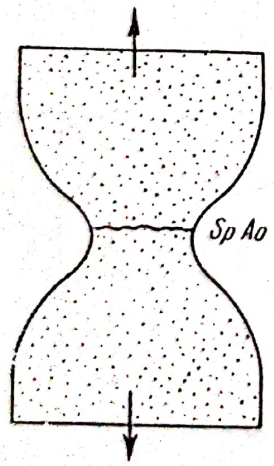


Fig. 11. Forma epruvetelor supuse eforturilor de tracțiune.

Cunoscînd forța de rupere N_{max}, dată în kgf, și suprafața de rupere A_0, în cm², rezistența de rupere la tracțiune este

$$\sigma_{rt}=\frac{N_{max}}{A_0}\ [\text{kgf/cm}^2].$$

Rezistența la tracțiune este o caracteristică a rocilor coezive și se determină atît pe epruvete în stare uscată σ_{urt} cît și pe eșantioane saturate cu apă σ_{rts}. Dacă este cazul, se determină și rezistența de rupere la tracțiune după îngheț-dezgheț σ_{rtg}.

Rezistența la tracțiune variază de la rocă la rocă și în cadrul aceleiași roci, după direcția pe care se face întinderea.

In cazul rocilor sedimentare și metamorfice, rezistența la tracțiune paralel cu stratificația, respectiv șistozitatea este mai mare decît perpendicular pe ele.

Rezistența este și în funcție de starea de alterare și cantitatea de apă pe care o conțin rocile.

Rezistența la tracțiune este în general mică, circa 7% din rezistența la compresiune. Explicația acestui fapt constă în aceea că rocile sînt agregate de minerale, așa încît ruptura nu se produce prin corpul mineralelor, care sînt mult mai rezistente la tracțiune, ci la limita componentelor. Deci, rezistența la tracțiune este dată de gradul de coeziune a rocilor, nu de rezistența mineralelor care este mult mai mare și se determină cu scopul cunoașterii acestei caracteristici.

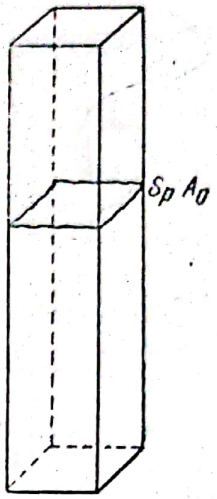


Fig. 12. Forma epruvetelor supuse eforturilor de forfecare.

3) *Rezistența de rupere la forfecare* τ_{rf}. Rezistența la forfecare este determinată de forța necesară ruperii unei epruvete în formă de prizmă sau bastonaș, cu secțiunea pătrată (fig. 12) sau dreptunghiulară, în planul de forfecare. Ruperea se face de obicei de-a lungul suprafețelor de contact dintre particule, prin alunecare, dacă au posibilitatea să cedeze pe laterală. Ruperea se produce cînd coeziunea rocilor și frecarea interioară sînt învinse.

Rezistența de rupere la forfecare se definește prin raportul dintre efortul de rupere T_{max}, exprimat în kgf, și suprafața de rupere, luată în cm², A_0,

$$\tau_{rf} = \frac{T_{max}}{A_0} \text{ [kgf/cm}^2\text{]}.$$

Rezistența de rupere la forfecare are valoarea cuprinsă între 5 și 20% din rezistența de rupere la compresiune a aceleiași roci.

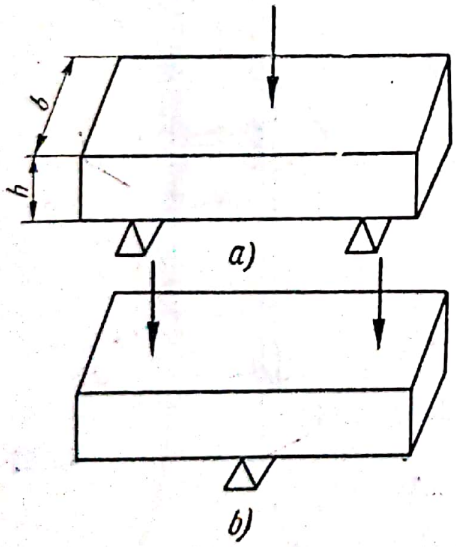


Fig. 13. Forma epruvetelor și dispunerea lor la eforturi de încovoiere:

a — rezemare la extremități și încărcare centrală; *b* — rezemare centrală și încărcare pe extremități.

Pentru rocile masive, rezistența la forfecare se determină pe oricare din fețele epruvetelor, deoarece particulele componente sînt omogen diseminate în masa rocilor. Pentru rocile stratificate, încercările de rupere prin forfecare se fac paralel și perpendicular pe stratificație.

4) *Rezistența de rupere la încovoiere* $\sigma_{rî}$. Rezistența la încovoiere este determinată de forța necesară ruperii unei probe de rocă de forme și dimensiuni anumite. Rezistența la încovoiere se determină pe epruvete prismatice, cu secțiune dreptunghiulară, rezemate la extremități și încărcate la mijloc sau rezemate la mijloc și încărcate la extremități (fig. 13, *a*, *b*).

Cunoscînd sarcina maximă înregistrată la ruperea probei P_{max}, în kgf, distanța între reazeme l, în cm, lățimea b și înălțimea h a secțiunii transversale a prismei, în cm, putem calcula rezistența de ru-

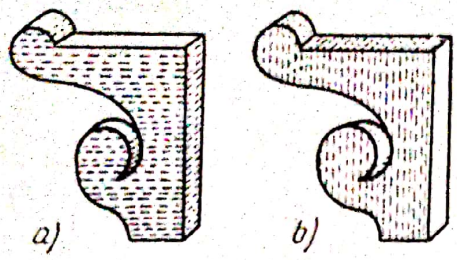


Fig. 14. Elemente arhitectonice supuse eforturilor de flexiune : *a* — direcție favorabilă ; *b* — direcție nefavorabilă (după A. Desio).

pere la încovoiere cu formula propusă de Navier ;

$$\sigma_{rt} = \frac{3}{2} \frac{P_{max} l}{b h^2} \text{ [kgf/cm}^2\text{]}.$$

Rezistența la încovoiere se determină în cazul cînd rocile vor fi folosite ca elemente arhitectonice : arhitrave, balcoane, jgheaburi etc.

Rezistența la încovoiere are valoarea cuprinsă între 7 și 15% din rezistența la compresiune și variază în funcție de direcția pe care se exercită efortul față de stratificația rocilor. σ_{rt} este mai mare perpendicular pe stratificație decît paralel cu ea (fig. 14) ; de asemenea depinde de starea de alterare, prezența fisurilor latente și starea de umiditate.

5) *Rezistența la ciocnire sau șoc K* este rezistența pe care o opun rocile la loviri scurte prin izbire. Rezistența la șoc se măsoară prin lucrul mecanic necesar pentru a sfărîma un centimetru cub de rocă : pentru o epruvetă, rezistența la șoc se calculează cu relația :

$$K = \frac{L}{V_a} \text{ [kgf/cm}^2\text{]},$$

unde :

L este lucrul mecanic de sfărîmare, în kgf/cm ;

V_a — volumul epruvetei, în cm³.

Pentru determinarea rezistenței la șoc a pietrei de construcție se folosește ciocanul Föppl (fig. 15).

Rezistența de rupere prin șoc este dată de relația :

$$K = \frac{G \Sigma h}{V_a},$$

în care :

G reprezintă greutatea berbecului, în kgf ;

$\Sigma h = h_1 + h_2 + \ldots + h_n$ — suma înălțimilor de cădere a berbecului, în cm ;

V_a — volumul epruvetei, în cm³.

Rezistența la șoc a rocilor variază în funcție de compoziția mineralogică, structura, textura și porozitatea lor.

In tabela 7 se dau principalele roci întrebuințate în construcții și proprietățile lor mecanice.

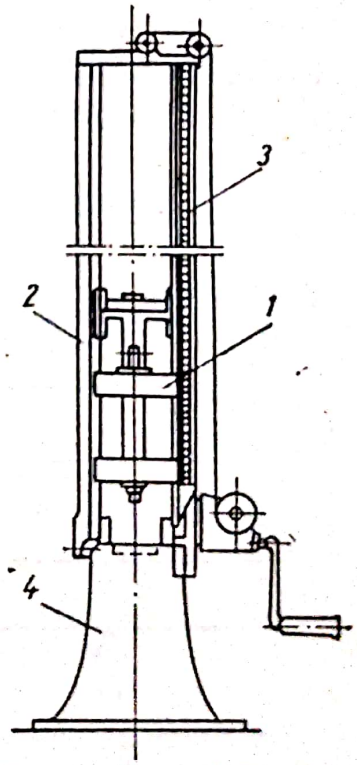


Fig. 15. Ciocanul Föppl : *1* — berbec ; *2* — cadru metalic ; *3* — scară divizată în mm ; *4* — nicovală (după STAS 6202-60).

Tabela 7

Rezistența la eforturi mecanice pentru rocile folosite în construcții

Denumirea rocilor	σ_{rc} kgf/cm²	σ_{rf} kgf/cm²	τ_{rf} kgf/cm²	K kgf/cm²
Granite fine granulare	2 000—3 000	80	100	2,8
Granite normale	1 000—2 000	80	100	2,5
Bazalte	2 500—3 500	80	200	2,7
Diabaze	2 000—2 850	50	300	8,0
Gresii dure	1 700	60	150	3,0
Gresii obișnuite	200—1 000	—	—	—
Calcare normale	50—1 500	30	30	0,40
Calcare fine	1 500—2 000	50	110	1,4
Marmure	1 100	45	70	0,7
Sare gemă	330	15	25	—

c. Aderența rocilor la lianți

Aderența rocilor la diferiți lianți este o proprietate importantă care interesează în mod deosebit pe constructorii de drumuri și poduri. Aderența rocilor la lianți depinde de mai mulți factori :

1) *Natura rocilor.* Rocile aderă mai bine la lianți cu cît sînt mai puțin acide, adică au mai puțin cuarț. Astfel, de exemplu, calcarele, gresiile calcaroase se leagă mai bine decît gresiile și conglomeratele cuarțitice. Rocile eruptive bazice (bazaltele, gabrourile etc.) sînt mult apreciate din acest punct de vedere față de rocile acide (granitele, granodioritele etc.). O condiție esențială care se cere îndeplinită în toate cazurile este ca suprafețele ce vor fi legate să fie proaspete și curățate bine de impurități argiloase sau organice.

2) *Natura liantului.* Lianții hidraulici, cum este cimentul, leagă mai puternic particulele de roci între ele decît lianții formați din hidrocarburi, gudron și bitumen.

3) *Compoziția mortarului.* Elementele care intră în compoziția mortarului de ciment, cum este nisipul, pietrișul de rîu sau fragmentele de roci colțuroase, trebuie să fie spălate bine de particulele argiloase, a căror prezență împiedică legarea cimentului la componenți și deci buna executare a betoanelor.

4) *Conținutul în apă a mortarului* împiedică sau favorizează legătura. Dacă apa este în exces, atunci aceasta se scurge printre particulele mortarului, antrenînd și o parte din ciment, scade proporția de ciment în mortarul respectiv și deci rezistența legăturilor. Numai un conținut anumit de apă duce la obținerea aderenței optime.

Scanned with OKEN Scanner

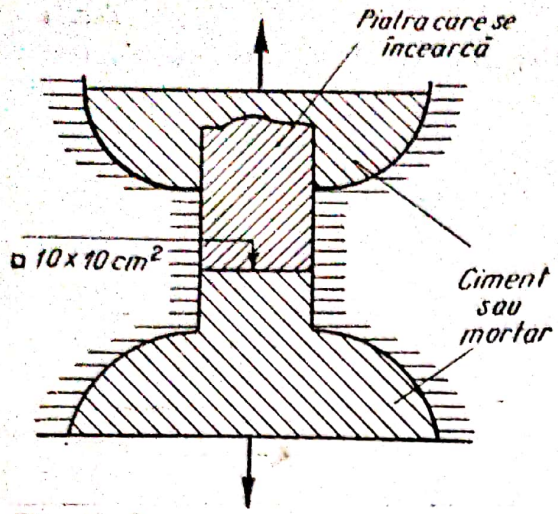


Fig. 16. Încercarea aderenței rocilor la lianți.

Aderența rocilor la lianți hidraulici, ciment sau mortar de ciment se face pe probe de rocă de dimensiuni și forme anumite (fig. 16), asemănătoare epruvetelor folosite pentru determinarea rezistenței la întindere, cu deosebire că la unul din capete au formă de prismă cu secțiunea pătrată de 10/10 cm². Acest capăt se introduce într-o matriță, și după îmbibarea cu apă a epruvetei se umple matrița cu liantul căruia i se studiază aderența la rocă. Proba se ține astfel, udîndu-se cu apă timp de 28 de zile, după care i se încearcă rezistența la întindere și la forfecare.

Experiențele au arătat că aderența rocilor la ciment este în general de 10÷200 kgf/cm², care reprezintă efortul de tracțiune necesar dezlipirii celor două epruvete.

d. Rezistența rocilor la intemperii

Prin rezistența la intemperii se înțelege rezistența pe care o pun rocile acțiunii fizico-chimice și mecanice a agenților atmosferici, precum și organismelor.

Rezistența la intemperii a rocilor depinde de următorii factori:

— *Compoziția chimică a mineralelor.* Rocile compuse din minerale rezistente, cuarț, amfiboli, piroxeni etc., deci rocile eruptive și metamorfice, în general, rezistă mai mult timp la intemperii. Rocile sedimentare, calcaroase, de exemplu, se distrug mai ușor.

— *Structura și textura rocilor.* Rocile cu structură cristalină și textură masivă, adică rocile eruptive și metamorfice sînt mai rezistente decît cele sedimentare, poroase.

— *Felul suprafeței expuse intemperiilor.* Suprafețele lustruite rezistă mai ușor decît cele neregulate. Deoarece suprafața de contact a rocilor cu atmosfera este mai mică, apa de ploaie se scurge repede, iar praful nu se mai poate fixa.

— *Placarea rocilor în operă.* Rocile placate pe zidurile exterioare sînt supuse într-o măsură mult mai mare acțiunii intemperiilor decît rocilor placate în interior.

— *Modul de expunere a rocilor.* Rocile expuse în bătaia vînturilor și a ploilor sînt avariate mai mult decît cele amplasate la adăpost de acești agenți.

— *Forma rocilor.* Rocile masive cu profile rotunjite rezistă mai mult decît cele colțuroase.

1) **Acțiunea agenților atmosferici.** Am arătat că atmosfera exercită asupra rocilor o acțiune fizico-chimică și alta mecanică. Aceste acțiuni variază calitativ și cantitativ, în funcție de climă. Sub climat cald și umed sînt mai puternice reacțiile chimice ; în climat arid, cald sau rece, predomină acțiunea mecanică.

a) *Acțiunea chimică.* Acțiunea chimică a atmosferei se exercită prin oxigen, bioxid de carbon și umezeală, care dau procese de oxidare, dizolvare etc.

— *Oxidarea.* Acest fenomen chimic se produce datorită combinării diferitelor substanțe minerale din roci cu oxigenul din atmosferă. Substanțele care intră ușor în reacție sînt compușii fierului ; pirita, marcasita.

Reacțiile chimice care au loc sînt următoarele :

$$FeS_2 + 6\,O = SO_4Fe + SO_2$$

În prezența apei reacția este mai puternică :

$$FeS_2 + 3\,O + H_2O = SO_4Fe + H_2S$$
$$4SO_4Fe + 2\,O + 7H_2O = 2Fe_2O_3 + 3H_2O + 4SO_4H_2.$$

Hidroxidul de fier (limonitul) pătează cu roșu rocile colorate, iar acidul sulfuric produs prin alterarea piritei atacă rocile, în special calcarele, ducînd la dezagregare mai departe.

$$SO_4H_2 + CO_3Ca + H_2O = CaSO_4 + 2H_2O + CO_2.$$

— *Dizolvarea.* Acțiunea chimică a apei asupra rocilor este mai puternică decît a aerului. În timpul trecerii prin stratele atmosferei, apa de precipitații se încarcă cu cantități importante de gaze, cum sînt : CO, CO_2, SO_2, SO_3, și chiar HCl, și devin agresive.

Apa încărcată cu CO_2 atacă în special carbonatul de calciu insolubil, pe care îl transformă în bicarbonat de calciu solubil și-l îndepărtează prin soluție : $CO_3Ca + CO_2 + H_2O = (CO_3H)_2Ca$.

Aceste reacții conduc la decalcifierea calcarelor și dezagregarea rocilor. În felul acesta se produc și fenomenele carstice : chei, doline, peșteri, lapiezuri etc.

— *Hidroliza silicaților.* Sub acțiunea apelor acide ($pH < 7$), silicații de aluminiu și în special feldspații și feldspatoizii sînt transformați în hidroxid de sodiu, potasiu, calciu și magneziu care trec în soluție, iar hidroxizii de Al, Si și Fe trec în suspensie coloidală. Alterația aceasta poartă numele de argilificare sau alterație sialitică.

În climatul tropical, caracterizat prin alternanța perioadelor umede și secetoase, are loc mai întîi descompunerea silicaților în SiO_2 și Al_2O_3, apoi consolidarea lor devenind insolubili. Acest proces se cheamă lateritizare sau alterație alitică.

— *Hidratarea.* Aceasta este un proces lent, pe care-l suferă unele minerale prin absorbția moleculelor de apă. În felul acesta anhidritul (So_4Ca) se transformă în gips ($So_4Ca\ 2H_2O$), cu mărire de volum.

Pentru roci, precipitațiile atmosferice sub formă de ceață și zăpadă sînt cele mai periculoase, deoarece fixează mai bine gazele și persistă vreme îndelungată pe suprafața rocilor, dînd posibilitatea gazelor să acționeze mai mult timp.

b) **Acțiunea fizică.** Variațiile de temperatură datorite căldurii solare și fenomenului de îngheț produc distrugerea mecanică a rocilor.

Căldura solară sosită pe pămînt este absorbită în cea mai mare parte de rocile de la suprafață și propagată la adîncimi diferite, corespunzător conductibilității termice a rocilor.

Mineralele rocilor de la suprafața pămîntului, prin încălzire și răcire bruscă datorită ploilor torențiale sau scăderii temperaturii în timpul nopții, se dilată și se contracă inegal. Repetarea acestui fenomen duce, cu timpul, la distrugerea rocilor prin sfărîmare sau descuamare.

— Sfărîmarea este modul de dezagregare a rocilor compacte, cum sînt rocile eruptive și gresiile cuarțitice. Mineralele acestor roci, prin mărirea temperaturii se dilată diferit după natura fizică și chimică a lor și se distanțează unele de altele în același timp. Prin scăderea temperaturii minerale se contractă diferit, iar rocile se crapă și se descompun în fragmente, pe zone, începînd de la exterior către interior.

— Descuamarea este caracteristica dezagregării rocilor relativ omogene, cum sînt calcarele, gresiile etc. Descuamarea se produce datorită tensiunilor care iau naștere în stratele superficiale ale rocilor, care se dilată mai repede în comparație cu cele mai adînci.

Dezagregarea rocilor prin alterație termică are intensitate maximă în regiunile cu clima continental deșertică și în munții înalți, unde diferența de temperatură de la zi la noapte și de la iarnă la vară este mare.

In măsură mai mică sau mai mare, alterația termică a rocilor se produce peste tot. In consecință, de acest fenomen nu scapă nici o rocă, oricît ar fi de dură și de compactă.

Înghețul și dezghețul repetat au acțiune distructivă mult mai mare asupra rocilor. In regiunile cu variații mari de temperatură de la iarnă la vară, cum este țara noastră, unde această diferență atinge 80°C, înghețul și dezghețul provoacă mari deteriorări rocilor.

Este știut că apa prin îngheț se dilată, mărindu-și volumul cu 1/10 din volumul ei la 0°C. Dacă apa este introdusă într-un vas închis, prin îngheț, ea dezvoltă pe pereții vasului o forță de distrugere foarte mare, încît nici un material rigid nu poate rezista prea mult.

Rocile, după cîte am văzut, oricît ar fi de compacte, tot conțin un procent cît de mic de pori, fisuri și crăpături. Toate aceste goluri constituie căi de circulație a apei prin roci.

Pentru ca înghețul și dezghețul să aibă acțiune de distrugere este necesar ca toate golurile (pori, fisuri, crăpături) să fie pline cu apă sau cel puțin 9/10 din volumul lor. Dacă apa nu umple complet volumul golurilor, efectul de distrugere nu se produce, deoarece apa va avea spațiu suficient pentru mărirea volumului ei în timpul înghețului. Experiențele au arătat că, atunci cînd golurile mai mari pline cu apă sînt în legătură cu canale capilare, forța de a împinge gheața în tubul capilar este mai mare decît forța ce se exercită asupra pereților golurilor. In consecință, gheața este împinsă în tuburile capilare pînă ce ocupă volumul necesar, iar roca nu suferă degradări.

In concluzie, hotărîtor în acțiunea de distrugere a rocilor prin îngheț este gradul de umplere a porilor cu apă.

După forma golurilor în care se găsește apa, înghețul conduce la distrugerea rocilor în trei moduri :

Scanned with OKEN Scanner

— înghețul porilor, care duce la fărămițarea și afînarea rocilor;
— înghețul interstratic, care produce exfolierea suprafețelor stratelor;
— înghețul crăpăturilor, care conduce la mărirea fisurilor.

Gelivitate. Rezistența la îngheț a rocilor poartă numele de gelivitate și în practică se determină prin procedeul congelației.

Se confecționează două epruvete cubice cu muchiile de 5 cm pentru rocile tari, sau patru cuburi cu muchiile de 7 cm, pentru rocile moi. După modul și locul de întrebuințare a rocilor se procedează la îmbibarea epruvetelor cu apă în felul următor:

— dacă rocile vor fi puse în contact permanent cu apa, cum este cazul picioarelor de poduri, epruvetele se îmbibă cu apă sub presiune;
— pentru rocile care nu vor sta în contact permanent cu apa, îmbibarea epruvetelor se face la presiune normală, timp de 24 de ore;
— pentru rocile folosite la înălțimi mari, sub acoperișuri, îmbibarea cu apă se face în atmosferă umedă.

Epruvetele îmbibate cu apă se supun la 25 de operații succesive de îngheț și dezgheț. Înghețul se face într-un spațiu mai mare de 1/4 m³, la temperatură de —15° pînă la —20°C. Dezghețul se face în apă distilată la temperatura camerii, pînă ce epruvetele capătă temperatura constantă.

Epruvetele sînt considerate gelive, dacă în timpul operațiilor se constată avarii în masa și aspectul lor, prin apariții de fisuri, săriri de așchii dezagregări.

Dacă avariile nu se observă, probele se încearcă la compresiune și se determină coeficientul de gelivitate C_g, din relația;

$$C_g\,\%_0 = \frac{\sigma_{rcu} - \sigma_{rcg}}{\sigma_{rcu}}\,100.$$

Rocile sînt considerate totuși gelive, dacă rezistența la compresiune în stare gelivă σ_{rcg} se găsește sub 20÷25% din rezistența la compresiune a rocii nesupuse operației de îngheț.

Se constată că înghețul nu distruge totdeauna rocile, ci numai le slăbește coeziunea. De aceea se recomandă ca pietrele ce vor fi întrebuințate, după extragere din carieră să fie lăsate un timp pe platforma carierii, și numai după aceea să fie întrebuințate.

In tabela 8 este dat coeficientul de gelivitate pentru cîteva tipuri de roci, folosite mai des în construcții.

Tabela 8

Coeficientul de gelivitate al rocilor folosite frecvent în construcții

Denumirea rocii	C_g%	Denumirea rocii	C_g%
Granite	12÷31	Amfibolite	44
Granodiorite	36	Gnaise (Fabian)	35
Andezite	14÷21	Calcare (Isaccea)	22
Dacite	15÷23	Marmura de Bucova	15
Bazalte	16	Gresii	15÷44

Scanned with OKEN Scanner

In general, rocile cu putere de absorbție mare, cum sînt argilele, unele gresii și rocile cu fisuri, au rezistență mică la gelivitate. Rocile compacte, cum sînt rocile eruptive și marmurele, sînt cele mai rezistente la îngheț.

In concluzie, rezistența la gelivitate a rocilor folosite în construcție depinde de :

— felul porilor și legătura dintre ei (porozitatea) ;
— proporția de apă absorbită în pori (coeficientul de saturație) ;
— natura cimentului de legătură dintre granule ;
— omogenitatea rocilor ;
— locul unde vor fi întrebuințate.

c) **Acțiunea mecanică a atmosferei.** Acțiunea mecanică a atmosferei (vînturile) se manifestă prin intermediul a trei procese : deflațiunea, coroziunea și sedimentarea.

— *Deflațiunea* constă în îndepărtarea materialului provenit prin alterarea și dezagregarea părții superficiale a rocii. Mărimea particulelor pe care le poate transporta vîntul, depinde de presiunea P a acesteia. Considerînd d densitatea aerului, V viteza vîntului, S mărimea suprafeței expuse vîntului, iar Z un coeficient dependent de forma și orientarea suprafeței expuse vîntului :

$$P = Z\, d\, S\, V^2.$$

După cum se observă, capacitatea de transport a vîntului depinde de viteza lui și de greutatea specifică a aerului. De asemenea, mai depinde de diametrul granulelor și de greutatea lor specifică. Trebuie menționat că vîntul nu exercită acțiunea sa în mod continuu și uniform după o anumită direcție, și în consecință variază și capacitatea de transport a sa. De obicei, viteza vîntului crește repede la început și descrește lent, ceea ce favorizează transportul materialului ; este necesară o presiune inițială mai mare, pentru a mișca din loc elementele, pentru ca după aceea ele să se rostogolească în virtutea inerției, chiar dacă viteza vîntului scade în intensitate.

— *Coroziunea* este acțiunea de roadere a vîntului produsă prin izbirea particulelor solide (nisip, pulbere), pe care aerul le tîrăște în mișcarea sa de stîncile neacoperite.

Efectele coroziunii se observă pe stîncile izolate, care capătă forme de mese, ciuperci etc. (munții Bucegi). Aceste forme se datoresc coroziunii diferențiate a rocilor, părțile mai dure eșind în relief, iar cele mai moi fiind excavate.

In cazul rocilor puse în operă, dacă nu sînt omogene, datorită coroziunii apar pe suprafața lor depresiuni rezultate prin îndepărtarea materialului mai puțin dur. In felul acesta, suprafața expusă agenților atmosferici se mărește, iar roca se dezagregă cu timpul.

— *Sedimentarea.* Depunerea materialului transportat se face după mărimea particulelor. Granulele de mărimea nisipului se aglomerează pe excavațiile rocilor, iar praful se depune uniform pe suprafața rocilor, unde rămîne pe loc prin fixare de către vegetalele inferioare, sau este dus mai departe la o nouă bătaie a vîntului.

2) **Acțiunea organismelor.** Organismele, plante și animale, și în primul rînd plantele, exercită asupra rocilor o puternică acțiune de distrugere.

Bacteriile, pătrunzînd în porii și fisurile rocilor, formează prin activitatea lor la suprafața rocilor eflorescențe albe de azotat. Acestea rezultă din combinarea azotului, luat din aer de bacterii, cu carbonul din carbonații rocilor. Acționînd vreme îndelungată, bacteriile reușesc să fărîmițeze rocile și să creeze la suprafața lor asperități, pe care se poate depune inițial praful și apoi fixa plantele inferioare, licheni și mușchi. Aceștia, prin activitatea lor, pun în libertate bioxid de carbon și diferiți acizi, care atacă în mod continuu roca vie.

Ingroșarea solului deasupra stîncilor dezvelite permite fixarea plantelor ierboase, arbuștilor etc., care, crescînd, acționează nu numai chimic, ci și mecanic, prin mărirea volumului rădăcinilor pătrunse în pori sau pe fisuri. In felul acesta, crăpăturile se lărgesc, rocile se crapă și se sfărîmă.

Animalele au acțiuni de distrugere mai puțin importante. Doar animalele care trăiesc sub pămînt și sapă galerii, care ușurează acțiunea agenților atmosferici, au o oarecare importanță.

In concluzie, ca urmare a acțiunii intemperiilor și a organismelor, rocile îmbătrînesc. Semnele oboselii se manifestă prin rotunjirea muchiilor, modificări ale suprafețelor prin ciupituri și crăpături, exfolierea, fărîmițarea și pulverizarea rocilor.

Scanned with OKEN Scanner

CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU ROCI NECOEZIVE

Rocile necoezive sînt foarte răspîndite în natură și din această cauză ele constituie adesea fundația pe care se amplasează construcțiile.

Intre construcții și rocile necoezive (terenul de fundație) există o interacțiune continuă, din care rezultă eforturi ce produc modificări atît în terenul de fundație cît și în construcții. Sarcina acestor eforturi poate fi așa de mare, încît, cu timpul, să poată duce la ruperea rocilor și distrugerea edificiilor. Din această cauză, pentru asigurarea stabilității construcțiilor care vor fi amplasate pe astfel de roci, este necesar să se cunoască anterior proprietățile fizice și mecanice ale rocilor necoezive și modul lor de comportare sub sarcina construcțiilor.

In trecut, cunoștințele despre proprietățile rocilor necoezive ca terenuri de fundație fiind foarte restrînse, se căuta ca edificiile importante să fie amplasate pe roci stîncoase-coezive, deoarece acestea fiind rezistente ridicau probleme de fundație simple și puține la număr. Rocile necoezive erau folosite mai rar ca terenuri de fundație, și numai pe baza experienței căpătate la construcțiile amplasate pe roci asemănătoare.

Dezvoltarea așezărilor omenești a condus la executarea construcțiilor și pe roci necoezive. Pentru asigurarea stabilității a apărut necesitatea ca asemenea roci să fie studiate mai îndeaproape. Insă din cauza complexității lor, studiul rocilor necoezive a fost făcut în mod empiric, și mai tîrziu și pe cale teoretică.

Amploarea deosebită pe care au luat-o studiile geologice-tehnice asupra rocilor necoezive în ultima vreme a făcut ca *proprietățile fizice și mecanice* ale acestor roci, precum și fenomenele care se produc în interiorul lor sub sarcina construcțiilor, să fie unite *sub numele de Geotehnică,* sau Mecanica pămînturilor, dat fiind că rocile necoezive se numesc în general pămînturi.

A. NOȚIUNI GENERALE DESPRE ROCILE NECOEZIVE

Rocile necoezive sînt aglomerări de particule solide necimentate, produse prin dezagregarea rocilor cimentate-stîncoase. Dezagregarea rocilor masive are loc pe cale fizică sau chimică. Principalii factori care lucrează asupra

lor sînt agenții atmosferici, a căror acțiune poate fi mecanică (dezintegrare) sau chimică (descompunere).

Dezintegrarea se datorește variațiilor de temperatură, sub imperiul cărora apa din porii și fisurile rocilor înghețînd dezvoltă forțe de expansiune care duc la fărîmițarea rocilor, cu păstrarea compoziției mineralogice inițiale.

Descompunerea este un fenomen prin care mineralele primare se transformă în minerale secundare, care diferă de mineralele rocilor de origine.

Produsele de dezagregare pot rămîne pe loc sau pot fi transportate de apă, vînt sau forța gravitației, dînd naștere la diferite tipuri de roci. În funcție de factorii care participă la formarea lor se deosebesc :

— *roci eluviale,* care rezultă din dezagregarea rocilor primare. Fiindcă stau în continuare pe roca-mamă și nu sînt transportate, componentele se caracterizează prin forme colțuroase și răspîndire haotică. Rocile eluviale au grosimi variate și compresibilitate neuniformă ;

— *roci deluviale,* care se formează prin deplasarea materialului dezagregat sub influența gravitației și acumularea lui pe povîrnișul masivului dezagregat. Asemenea roci sînt neomogene, au grosimi mari la baza pantei versanților și sînt supuse alunecărilor ;

— *roci aluviale,* care se formează prin deplasarea materialului dezagregat la distanțe mari față de rocile de origine și acumularea lui pe văile rîurilor. Aluviunile se caracterizează prin alternanța straturilor de argilă, nisip și pietriș ;

— *roci eoline,* formate sub acțiunea vînturilor care transportă la distanțe foarte mari materialul fin, rezultat prin dezagregarea rocilor din regiunile de pustiuri. Rocile eoliene se caracterizează prin omogenitatea compoziției, îndesarea slabă și conținut ridicat în material fin, prăfos ;

— *roci organogene,* rezultate prin amestecul produselor de dezagregare a rocilor cu material vegetal în descompunere.

1. ROCI NECOEZIVE ÎNTÎLNITE FRECVENT ÎN CONSTRUCȚII

Rocile necoezive sînt sisteme complexe, alcătuite din particule solide, lichide și gazoase. Ultimile două — lichidele și gazele — ocupă parțial sau în întregime spațiile dintre particulele solide predominante. Proprietățile componenților, volumul, forma și interacțiunea dintre ei determină natura fizică a rocilor necoezive.

Particulele solide — minerale — au dimensiuni care variază de la acelea ale stării coloidale pînă la dimensiunile pietrișului și bolovănișului. În general, rocile necoezive cuprind :

— prundiș	Ø peste 20 mm ;
— pietriș	Ø 20—2 mm ;
— nisip	Ø 2—0,05 mm ;
— praf	Ø 0,05—0,005 mm ;
— argilă	Ø sub 0,005 mm.

Proprietățile particulelor solide depind de granulozitatea, forma granulelor și proprietățile mineralelor componente. În consecință, rocile necoe-

zive capătă denumirea și proprietățile fracțiunilor predominante. În mod obișnuit, în natură se întîlnesc următoarele categorii de roci necoezive:

a) **Bolovănișurile și pietrișurile** sînt roci compuse predominant din cuarț, deoarece cuarțul este un mineral care rezistă la acțiunea mecanică și chimică a agenților de transport. Aceste roci se caracterizează printr-o mare permeabilitate. Rezistența acestor roci depinde de gradul de îndesare a elementelor și prezența argilei. În general, bolovănișurile și pietrișurile constituie terenuri de fundație excelente, cu condiția ca grosimea lor să fie suficient de mare și să fie plasate pe roci stîncoase. Asemenea roci nu ridică deci probleme deosebite.

b) **Nisipurile** sînt alcătuite din granule de cuarț, feldspat, care cu timpul se descompune în minerale argiloase secundare, mică etc. Se caracterizează prin porozitate mică, frecare interioară mare, compresibilitate redusă. Sînt permeabile, înălțimea de ridicare capilară este mică și crește în măsura micșorării diametrului granulelor. Cînd sînt umezite, nisipurile capătă oarecare coeziune, datorită apei de contact dintre granule. Astfel, coeziunea este nulă.

Nisipurile constituie un teren bun pentru fundații, cu condiția ca particulele de mică să lipsească. Experiența arată că acest mineral condiționează rezistența la compresiune a nisipurilor.

c) **Prafurile** sînt alcătuite din fragmente foarte fine de minerale diferite; predomină SiO_2 cristalin sau amorf. Prafurile au plasticitate redusă și frecare interioară mică, din care cauză sînt mobile. Permeabilitatea lor este mică, iar înălțimea capilară mare. O cantitate mică de apă dă prafurilor oarecare coeziune, însă din cauza dimensiunilor reduse, particulele de praf sînt spălate de apele de precipitație. Rocile cu un conținut mai mare de 10% praf, îmbibate puternic cu apă, devin instabile, curgătoare. Din acest motiv, pămînturile prăfoase au capacitatea portantă mică, fiind cele mai slabe terenuri de fundație. Prafurile pot fi utilizate ca material de impermeabilizare.

d) **Argilele** sînt alcătuite din particule ale căror dimensiuni au valori mai mici de 0,005 mm. Particulele argiloase s-au format prin dezagregarea chimică a rocilor preexistente și au compoziția mineralogică foarte complexă. Particulele de minerale au forma lamelară și solzoasă.

Argilele au porozitate ridicată și cu toate acestea sînt practic impermeabile, coeziunea variază cu conținutul în apă, iar frecarea interioară este mică. Argilele au suprafața specifică foarte mare (1 cm^3 de argile cu particule cubice, cu muchia de 0,001 mm, are o suprafață totală de 6 m^2), ceea ce face ca argilele să lege o mare cantitate de apă. Plasticitatea este mare. În contact cu apa argilele se umflă; pierderea apei provoacă o reducere a volumului, însoțită adesea de crăpături.

Calitățile argilelor ca terenuri de fundație depind de starea de consistență a lor, care se modifică în funcție de conținutul în apă.

e) **Luturile.** Praful și argilele nu se găsesc niciodată izolate, ci în asociație cu alte fracțiuni, ca, de exemplu, nisipul. Un asemenea amestec se numește lut. Lutul propriu-zis conține nisip, praf și argilă în părți egale. Dacă una din fracțiuni predomină, lutul se numește argilos, prăfos, nisipos. Proprietățile terenurilor lutoase depind de influența fracțiunilor componente.

Scanned with OKEN Scanner

f) **Loessurile** sînt roci alcătuite în majoritate din particule de praf. Se caracterizează prin pori mari, care formează canale verticale tapisate cu carbonat de calciu. Canalele reprezintă urmele rădăcinilor de plante care au fost acoperite de praf. În stare uscată, loessurile sînt terenuri bune de fundație. Prin umezire aceste roci suferă deformații apreciabile, care duc la distrugerea construcțiilor. De aceea, la fundarea pe asemenea terenuri trebuie avut în vedere ca apa să nu pătrundă sub fundații.

2. COMPOZIȚIA GRANULOMETRICĂ A ROCILOR NECOEZIVE

Partea solidă a rocilor necoezive este alcătuită din particule de dimensiuni diferite. Conținutul în fracțiuni pe dimensiuni poartă numele de compoziție granulometrică. Acest conținut se exprimă prin raportul, în procente, dintre greutatea fracțiunii respective și greutatea totală a materialului solid uscat. Operația prin care se determină conținutul în granule minerale a rocilor necoezive se numește analiză granulometrică. În funcție de dimensiunile componentelor, analiza granulometrică se realizează prin cernere sau sedimentare.

Analiza granulometrică prin cernere se aplică pentru rocile cu granule mai mari de 0,1 mm. Separarea particulelor se face cu ajutorul unor site, care au ochiuri de dimensiuni și forme standard.

Analiza granulometrică prin sedimentare se aplică pentru rocile a căror componente au dimensiuni mai mici de 0,1 mm. Această metodă se bazează pe relația care există între dimensiunea granulelor și viteza lor de cădere într-un mediu lichid. Datorită viscozității, căderea corpurilor într-un mediu lichid se face în mod uniform, deoarece forța pe care lichidul o pune căderii corpurilor echilibrează greutatea acestora, încît viteza de cădere este constantă, nu uniform accelerată.

În cazul particulelor mici, sferice, forța pe care lichidul o pune căderii acestora este dată de relația lui Stokes :

$$W = 6\pi\, r\, V\, v\,,$$

în care :

W este forța care se opune căderii particulelor ;
V — viteza de cădere a particulelor ;
v — coeficientul de viscozitate a lichidului :
r — raza unei granule sferice.

Greutatea unei particule solide este :

$$G = 4/3\, \pi r^3\, (\gamma - \delta_a)\, g,$$

în care :

G este greutatea praticulei ;
γ — greutatea specifică a particulei ;
δ_a — greutatea specifică a apei ;
g — accelerația gavitației.

Egalînd, pentru ca particulele în cădere să rămînă în echilibru, obținem :

$$6\pi r V v = 4/3\pi r^2 (\gamma - \delta_a) g.$$

Efectuînd calculele și înlocuind pe $r = \frac{d}{2}$, se obține relația între diametrul particulelor și viteza lor de cădere :

$$18\pi r V v = 4 r^3 (\gamma - \delta_a) g;$$

$$18 \frac{d}{2} V v = 4 \left(\frac{d}{2}\right)^3 (\gamma - \delta_a) g;$$

$$18 V v = 4 \left(\frac{d}{2}\right)^2 (\gamma - \delta_a) g,$$

de unde :

$$d = \sqrt{\frac{18 V v}{(\gamma - \delta_a) g}},$$

sau

$$d = \sqrt{K V}$$

unde

$$\frac{18 v}{(\gamma - \delta_a) g} = K \text{ const.}$$

Formulele de mai sus au fost stabilite de Stokes, în 1845, în ipoteza că mediul în care cad particulele solide este omogen și indefinit, iar particulele sînt sfere mici, rigide, cu viteză de cădere foarte mică. Legea lui Stokes din această cauză este valabilă numai pentru particulele solide, rotunjite, cu diametrul sub 0,2 mm. Pentru roci cu granule neregulate, utilizarea relației lui Stokes nu mai este valabilă. De asemenea, trebuie remarcat că coeficientul K variază în funcție de greutatea specifică a rocii și temperatura la care se face operația.

Determinarea compoziției granulometrice prin decantare se poate realiza prin metoda areometrului (fig. 17), metoda pipetei și aparatul Kopecky (fig. 18).

Modul de reprezentare al analizelor granulometrice. Datele obținute la analiza granulometrică prin cernere sau prin sedimentare se reprezintă într-un grafic, unde pe ordonată se trec procentele de material cu un anumit diametru, față de greutatea totală a materialului uscat, iar pe abscisă, la scară logaritmică, se trec dimensiunile granulelor. Unind punctele de pe grafic corespunzătoare procentelor de diametre diferite ale granulelor, se obține diagrama sau curba granulometrică cumulativă (fig. 19, 20). Terenul analizat capătă denumirea fracțiunii predominante.

Compoziția granulometrică a rocilor necoezive mai poate fi reprezentată grafic și prin histograme. Procentele, în greutate, ale granulelor cu diverse dimensiuni sînt folosite la întocmirea unor dreptunghiuri, a căror înălțime este proporțională cu frecvența procentuală (fig. 21).

Scanned with OKEN Scanner

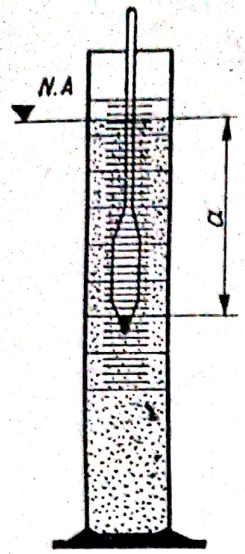


Fig. 17. Areometrul.

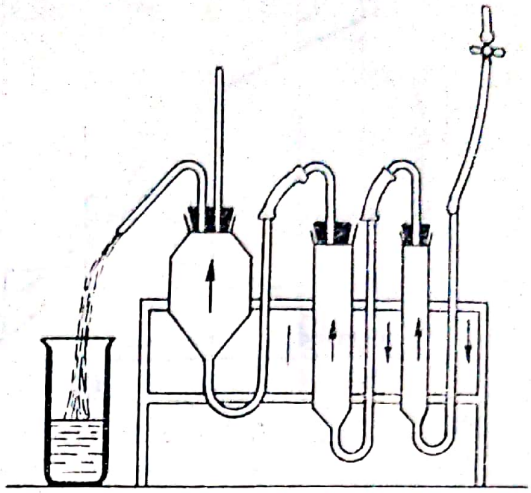


Fig. 18. Aparatul Kopecky.

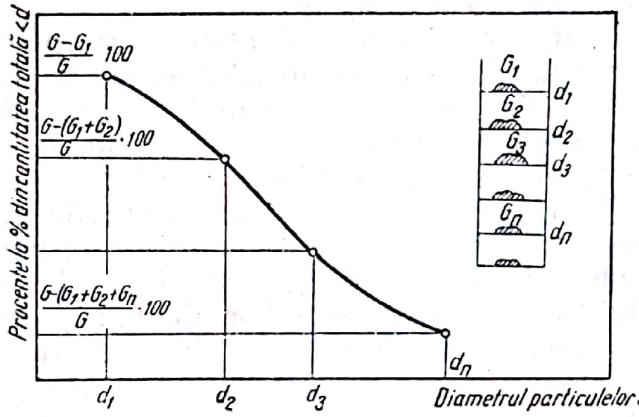


Fig. 19. Alcătuirea curbei granulometrice cumulative.

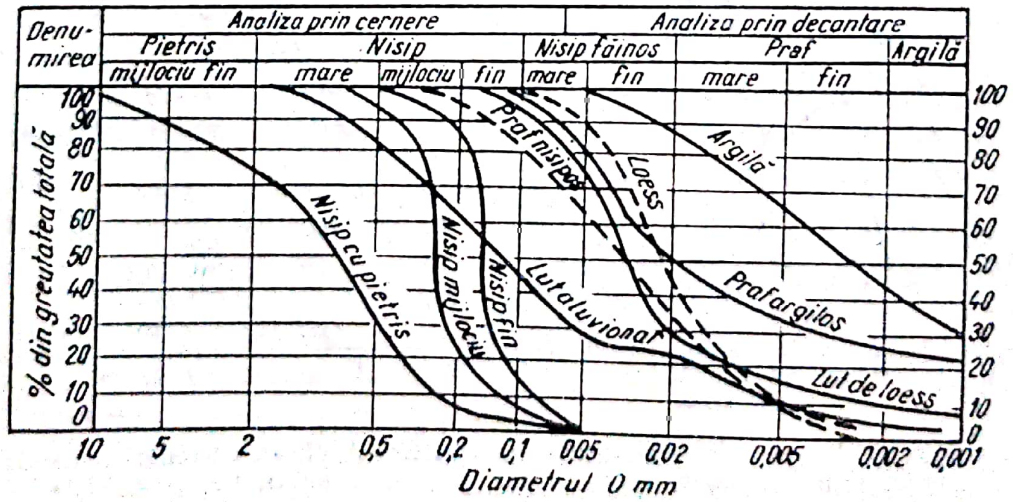


Fig. 20. Curbe granulometrice cumulative.

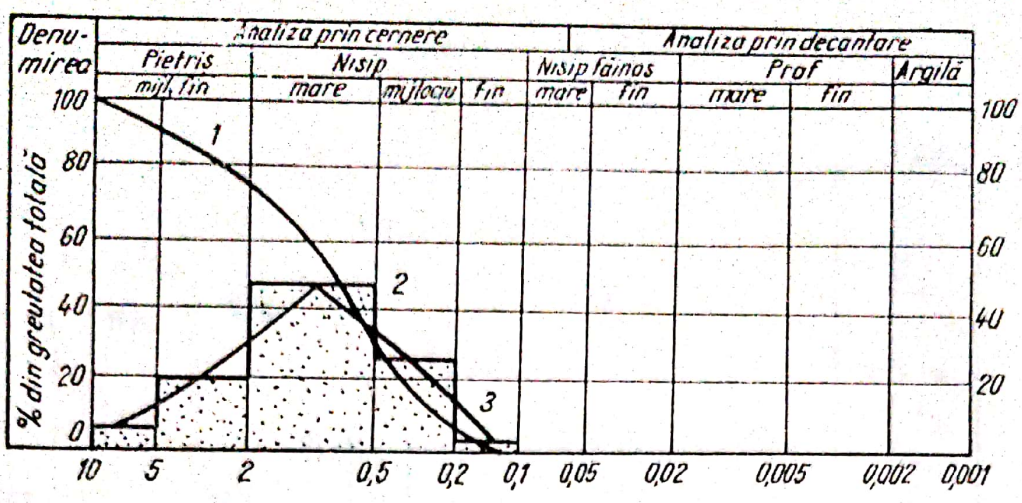


Fig. 21. Reprezentarea grafică a compoziției granulometrice :
1 — curbă cumulativă ; *2* — histogramă ; *3* — curbă de frecvență.

Unind mijlocul laturilor superioare ale dreptunghiurilor din histrogramă prin linii drepte, obținem curbele de frecvență.

Pentru inginerii constructori este mai utilă reprezentarea în linii mari a granulometriei terenurilor, deoarece în felul acesta iese mai ușor în evidență proporția de material fin, mijlociu și mare (argilă, nisip, pietriș) care intră în alcătuirea rocilor respective. Dacă materialul este împărțit în trei sorturi, se utilizează reprezentarea triunghiulară sau în trei coordonate (fig. 22). Pe laturile triunghiului se gradează proporția în care sortul respectiv intră în amestec. Ducînd de la diviziunile corespunzătoare procentelor de material obținute prin analiză pentru cele trei sorturi, paralele la laturile triunghiului în sens invers săgeților din figură, se obține la intersecția lor un punct care reprezintă amestecul fracțiunilor componente.

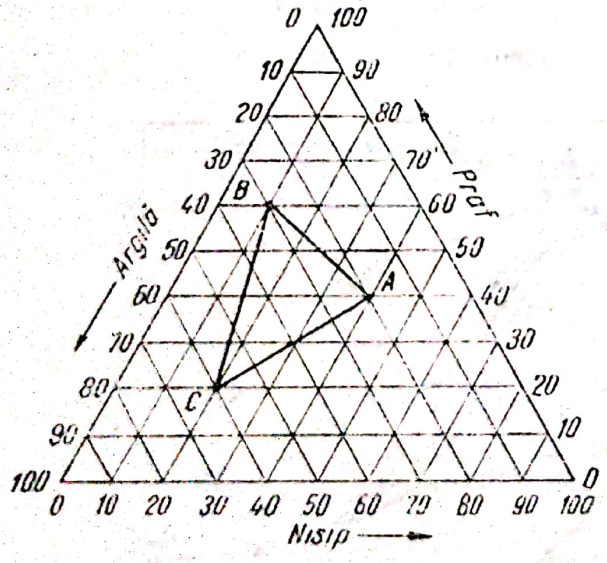


Fig. 22. Reprezentarea compoziției granulometrice prin trei coordonate
A, B, C — puncte ce reprezintă pământuri de compoziție granulometrică diferită.

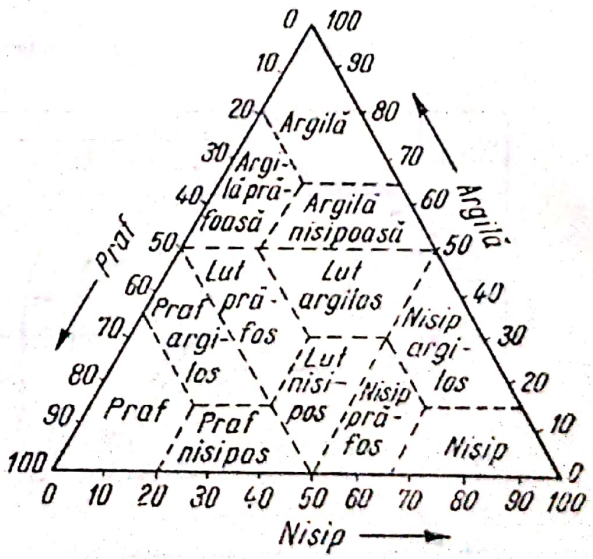


Fig. 23. Clasificarea terenurilor pe un grafic cu trei coordonate.

Dacă se cere reprezentarea grafică a unui amestec de 40% nisip, 40% praf și 20% argilă, de la diviziunea 40 de pe latura nisip și praf și de la diviziunea 20 de pe latura argilă se duc paralele în sensul săgeților și se obține punctul A, care definește amestecul dat. Invers, dacă se dă punctul pe diagramă și se cer proporțiile în care fracțiunile intră în amestec, se duc din punctul dat paralele la laturile triunghiului în sens invers săgeților pînă la intersecția cu laturile triunghiului și se citesc diviziunile respective.

În figura 23 se dă clasificarea terenurilor pe un grafic cu trei coordonate, după conținutul în granule, utilizînd datele din tabela 9.

Tabela 9

Conținutul în nisip, praf și argilă al principalelor roci necoezive

Denumirea rocilor	Compoziția în procente		
	% Nisip	% Praf	% Argilă
Nisip	65—100	0— 35	0— 15
Nisip prăfos	50— 65	20— 50	0— 30
Nisip argilos	50— 86	0— 20	14— 50
Praf	0— 20	65—100	0— 35
Praf nisipos	20— 50	50— 80	0— 15
Praf argilos	0— 35	50— 65	15— 50
Argilă	0— 35	0— 20	65—100
Argilă nisipoasă	15— 50	0— 35	50— 65
Argilă prăfoasă	0— 15	20— 50	50— 80
Lut nisipos	35— 50	20— 50	0— 30
Lut prăfos	0— 35	35— 50	15— 50
Lut argilos	15— 30	0— 30	30— 50

Diametrul efectiv este diametrul corespunzător la 10% din greutatea totală d_{10} a materialului.

Coeficientul de uniformitate a rocilor U este raportul corespunzător la 60% din greutatea materialului și diametrul efectiv:

$$U=\frac{d_{60}}{d_{10}}.$$

În funcție de valoarea lui U rocile necoezive pot fi foarte uniforme ($U<5$), de uniformitate mijlocie ($5<U<15$) și foarte neuniforme ($U>15$).

Clasificarea terenurilor necoezive. Separarea pe dimensiuni a elementelor din care sînt alcătuite terenurile necoezive a dus la necesitatea clasificării acestor terenuri pe baza granulometriei.

Pînă în prezent s-au propus diferite clasificări în acest sens, însă două dintre acestea sînt folosite în mod curent: clasificarea lui Atterberg și clasificarea după normele sovietice.

Scanned with OKEN Scanner

Clasificarea lui Atterberg este grefată pe scara 2×10^{-n} și împarte terenurile necoezive astfel :

Pietriș $d > 2$ mm	— bolovani $d > 70$ mm ; — pietriș mare $30 < d < 70$ mm ; — pietriș mijlociu $5 < d < 30$ mm ; — pietriș mărunt $2 < d < 5$ mm ;
Nisip $0{,}02 < d < 2$ mm	— nisip mare (grăunțos) $1 < d < 2$ mm ; — nisip mijlociu (griș) $0{,}2 < d < 1$ mm ; — nisip fin $0{,}1 < d < 0{,}2$ mm ; — nisip făinos $0{,}02 < d < 0{,}1$ mm ;
Praf $0{,}002 < d < 0{,}02$ mm	— praf mare $0{,}006 < d < 0{,}002$ mm ; — praf fin $0{,}002 < d < 0{,}006$ mm ;
argilă $0{,}00002 < d < 0{,}002$ mm	— argilă mare $0{,}0006 < d < 0{,}002$ mm ; — argilă fină $0{,}0002 < d < 0{,}0006$ mm ; — microargilă $0{,}00002 < d < 0{,}0002$ mm ;
Coloide și soluții	d 0,00002 mm

Analizind această clasificare, constatăm că limita dintre pietriș și nisip (2 mm) corespunde diametrului porilor pentru care capilaritatea dispare ; limita dintre nisip și praf (0,02 mm) se situează la dimensiunea la care particulele solide sînt vizibile cu ochiul liber și la dimensiunea porilor pînă la care rădăcinile plantelor mai pot pătrunde printre granule ; limita dintre praf și argilă (0,02 mm) este limita superioară a particulelor coloidale și, în fine, 0,00002 mm este limita între coloizi și soluții.

Clasificarea întocmită de specialiștii sovietici pleacă de la scara $5 \cdot 10^{-n}$ și împarte terenurile astfel :

— pietriș $d > 2$ mm ;
— nisip $0{,}05 < d < 2$ mm ;
— praf $0{,}005 < d < 0{,}05$ mm ;
— argilă $d < 0{,}005$ mm .

In ultima vreme, clasificarea terenurilor necoezive după normele sovietice este mai des întrebuințată, deoarece este mai favorabilă deducerii proprietăților terenurilor după mărimea granulelor.

3. STRUCTURA ȘI TEXTURA ROCILOR NECOEZIVE

Structura rocilor necoezive este dată de aranjarea particulelor minerale pentru alcătuirea agregatelor, iar prin textură se înțelege așezarea componentelor în strate.

Structura rocilor necoezive se formează în timpul depunerii particulelor minerale și este dată atît de proprietățile particulelor componente, dimensiuni, formă, compoziție mineralogică, cît și de proprietățile mediului de depunere.

Scanned with OKEN Scanner

Rocile necoezive prezintă trei tipuri principale de structuri, și anume : structură grăunțoasă, structură în fagure sau spongioasă, structură in fulgi. Pot exista și combinații ale acestor tipuri principale.

a) **Structura grăunțoasă** este cea mai simplă. Ea rezultă prin acumularea particulelor minerale sub acțiunea greutății lor proprii. Componentele au forme neregulate și se reazemă unele pe altele. Volumul golurilor cuprinse între ele este destul de mare. Structura grăunțoasă este caracteristică nisipurilor și pietrișurilor (fig. 24, *a*).

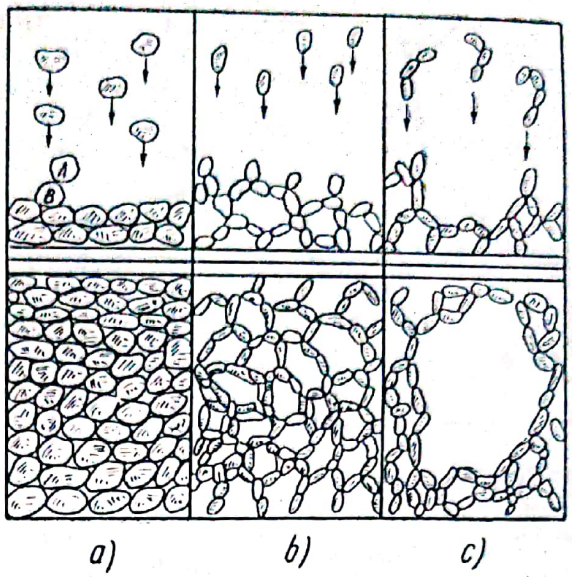


Fig. 24. Modul de formare a structurilor rocilor necoezive :
a — grăunțoasă ; *b* — în fagure ; *c* — în fulgi (după E. Botea).

Din punct de vedere tehnic, structura grăunțoasă este rigidă și deformațiile sub sarcinile construcțiilor sînt foarte mici.

b) **Structura în fagure** se întîlnește la rocile cu particule fine, unde forțele de atracție moleculară sînt foarte puternice.

In timpul formării sedimentelor, particulele minerale, căzînd pe fundul apei, vin în contact unele cu altele. În momentul contactului dintre o particulă care cade și alta care se află deja depusă, prin intermediul peliculelor de apă absorbite iau naștere forțe de atracție moleculare. Dacă particulele sînt mici, forțele de atracție depășesc greutatea lor și rostogolirea primei particule este împiedicată, ea rămînînd în poziția în care a luat contact cu particula depusă anterior. În felul acesta se formează structura în fagure sau spongioasă, cu goluri adesea mai mari decît particulele (fig. 24, *b*).

c) **Structura în fulgi** se întîlnește la rocile cu particule foarte fine, sub 0,001 mm diametru. Aceste particule au proprietățile particulelor coloidale. In soluție rămîn în suspensie timp îndelungat și au mișcare browniană. Fiind încărcate cu electricitate de același sens, nu se lovesc unele de altele. Dacă într-o asemenea soluție coloidală intervine un electrolit, cationii lui sînt absorbiți de particule și neutralizează sarcinile lor negative. Particulele se lovesc unele de altele, și în momentul cînd grupele de particule sînt suficient de mari cad la fund sub formă de flocoane. În felul acesta se formează structura în fulgi sau floculară (fig. 24, *c*), caracteristică pentru argile.

d) **Structuri mixte** se întîlnesc îndeosebi la unele argile marine, depuse în apropiere de vărsarea unui fluviu. Ele se mai pot întîlni în sedimentele formate în apele dulci în prezența unui electrolit.

4. APA ÎN ROCILE NECOEZIVE

Rocile necoezive au întotdeauna o cantitate de apă. În particulele componente, pori, fisuri etc., apa se întîlnește sub mai multe forme : apă legată chimic, apă legată fizic și apă liberă (fig. 25).

Scanned with OKEN Scanner

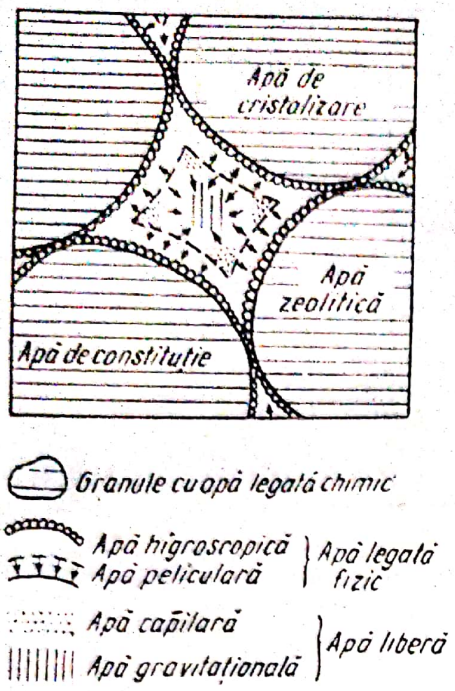


Fig. 25. Schema reprezentării tipurilor de apă în roci.

Apa legată chimic este apa care intră în compoziția mineralelor. Ea este legată de scheletul mineralelor, în care se găsește sub formă de molecule sau ioni de H^+ și OH^-. Apa legată chimic poate să fie:

1) *Apă zeolitică*, care se găsește sub formă de molecule în spațiile largi din scheletul cristalin al zeoliților. Această apă poate fi eliminată și reprimată fără modificări în rețeaua cristalină a mineralelor. Conținutul în apă al zeoliților variază în funcție de condițiile exterioare.

2) *Apa de cristalizare* este apa care se pierde la anumite temperaturi, prin salturi, care marchează schimbări calitative în structura mineralelor. Un mineral cu apă de cristalizare foarte răspîndit este ghipsul. În ghips, apa de cristalizare se găsește sub formă de molecule situate între stratele plane, constituite din ioni SO_4 și ioni de Ca. Datorită moleculelor de apă ghipsul are clivaj perfect.

3) *Apa de constituție* este strîns legată de scheletul cristalin al mineralelor. Ea se găsește de obicei sub formă de ioni de H^+ și OH^- și se elimină prin salturi la temperaturi înalte și definite pentru fiecare mineral în parte. Prin eliminarea apei de constituție mineralele se descompun.

Apa legată fizic este apa care înconjură granulele minerale sub acțiunea forțelor de atracție moleculară, combinate la particulele fine, cu forțe electrochimice.

Forțele de atracție moleculară fac ca la suprafața corpurilor solide sau lichide să apară tensiuni superficiale. Aceste forțe se manifestă prin menținerea unei suprafețe minime cu energie de potențial minimă. În cazul rocilor necoezive, tensiunea superficială face ca particule solide să fie acoperite cu un înveliș de gaze sau lichide. În aer, particulele solide se acoperă cu un film de aer, iar sub apă cu un film de apă. Acest fenomen fizic poartă numele de adsorbție.

În cazul particulelor fine, fenomenul de adsorbție este combinat cu un fenomen electrochimic, iar forțele care se dezvoltă se numesc forțe electromoleculare.

Particulele cristaline au la limita lor atomi de suprafață parțial nesaturați, cu forțe de legătură în afară, libere. Prin hidratare, ionii pozitivi (cationi) de la suprafața particulelor argiloase sînt îndepărtați și rămîn numai ionii negativi (anioni) cu legături nesaturate.

Suprafața particulelor argiloase încărcată negativ, atrage din mediul înconjurător cationi de H, Li, Na, K, Mg, Ca, Al, Fe, proveniți din disocierea electroliților. Cationii menționați sînt atrași de particulele minerale cu forțe diferite: unii sînt așezați direct pe suprafața particulelor, iar alții

sînt menținuți în jurul particulelor la distanțe diferite, formînd stratul difuz. Cationii atrași constituie complexul de adsorbție și pot fi înlocuiți cu alții, pentru care particulele minerale au afinitate chimică mai mare. Această proprietate a particulelor minerale se numește capacitate de schimb de baze, iar ionii respectivi au denumirea de ioni înlocuibili.

Apa este alcătuită din molecule bipolare, cu ionii de H și O așezați disimetric. Diferența dintre constanta dielectrică a mineralelor față de aceea a apei face ca la contactul cu particulele cu apă să se dezvolte un cîmp electric energic, care orientează și atrage moleculele de apă cu polul pozitiv H spre particule. Ionii adsorbiți din stratul difuz au și ei posibilitatea de a orienta și atrage în jurul lor molecule de apă (fig. 26).

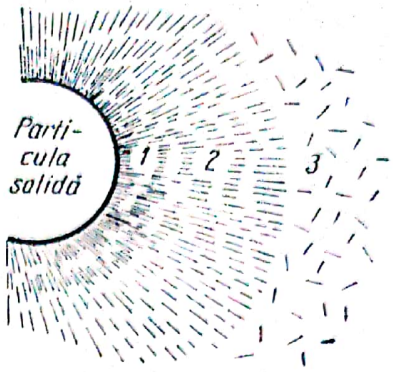


Fig. 26. Schema interacțiunii forțelor moleculare:
1 — apă strîns legată; *2* — apă slab legată; *3* — apă liberă.

Forțele electromoleculare acționează pe distanțe mici de la suprafața particulelor. Valoarea presiunii cu care este atrasă apa este de ordinul a 10 000 kgf/cm² în apropiere de particule și scade repede la distanțe care nu depășesc 0,25÷0,5 μ. De la această distanță, moleculele de apă nu mai sînt sub acțiunea forțelor electromoleculare, sînt neorientate și au proprietăți normale.

Datorită forțelor electromoleculare, moleculele de apă din jurul granulelor minerale sînt fixate strîns de suprafața acestora. Ele nu pot fi îndepărtate decît prin centrifugare, cu o accelerație mai mare de 70 000 de ori decît accelerația gravitației. De aceea, apa aceasta se mai numește și *apa strîns legată* sau *apă adsorbită.*

Am arătat mai sus că moleculele de apă strîns legată leagă și orientează moleculele de apă care nu vin în contact cu ele. Acestea formează *apa slab legată* sau *apa liosorbită.* Intre apa strîns legată și apa liosorbită nu se poate pune o limită tranșantă. Pentru acest motiv ele sînt unite sub numele de apă legată.

Apa legată este alcătuită din apă higroscopică și apă peliculară.

1) *Apa higroscopică* este apa care se condensează pe suprafața particulelor. Condensarea are loc pînă ce greutatea particulelor atinge valoarea higroscopicității maxime. Higroscopicitatea maximă variază în funcție de natura pămînturilor. Astfel, pentru nisipuri Hm = 1%, pentru praf 7%, pentru argilă 17%, din greutatea rocii uscate. Apa higroscopică se deplasează în pămînt numai după ce trece în stare de vapori.

2) *Apa peliculară* este apa care se găsește în jurul particulelor minerale, datorită forțelor de atracție moleculare. Nu poate fi îndepărtată decît prin evaporare. Apa peliculară se deplasează în roci în condiții de umiditate mai mare decît higroscopicitatea maximă. Deplasarea se face de la stratele mai umede la cele mai uscate, indiferent de poziția lor. Apa peliculară influențează mult proprietățile rocilor.

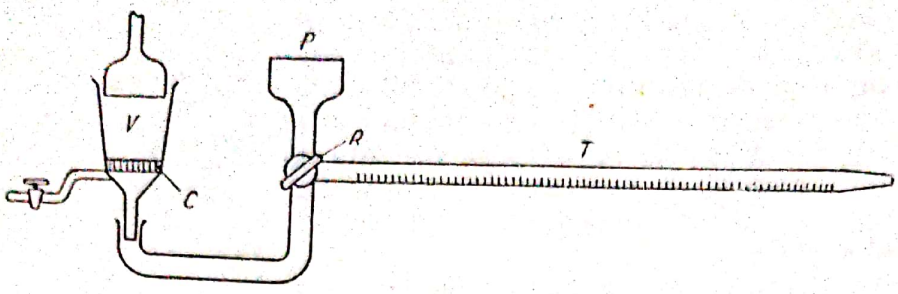


Fig. 27. Aparat Eslin pentru determinarea adsorbției.

Capacitatea de adsorbție. Fenomenul de reținere a apei de către particulele solide în mod fizic poartă numele de adsorbție, iar cantitatea maximă de apă pe care o poate adsorbi o rocă uscată exprimată în procente față de greutatea inițială a rocii se numește capacitate de adsorbție.

Capacitatea de adsorbție se determină cu ajutorul aparatului Eslin (fig. 27). Aparatul este alcătuit dintr-un vas V, care comunică prin intermediul unui robinet *R* cu pilnia *P* și tubul capilar gradat *T*, situat la nivelul plăcii filtrante *C*, în poziție orizontală. Se umple aparatul cu apă pînă la nivelul plăcii filtrante; se întrerupe legătura aparatului cu pîlnia și se așază proba, în greutate de 0,1—0,2, pe placa filtrantă; se citește pe tubul gradat apa adsorbită de probă. Se fac citiri la diferiți timpi, iar rezultatele se trec pe un grafic (fig. 28) și se obține diagrama de adsorbție. În momentul cînd curba devine orizontală înseamnă că proba a adsorbit maximum de apă pe care o poate reține.

Experiențele făcute asupra rocilor argiloase cu conținuturi diferite în cuarț arată că capacitatea de adsorbție a acestor roci scade în măsura creșterii procentului de cuarț față de mineralele argiloase, în schimb crește permeabilitatea. Acest fenomen se datorește structurii cristaline a cuarțului și formei rotunjite a particulelor de cuarț.

Capacitatea de adsorbție a rocilor interesează fenomenele de deplasări de teren, construcțiile pe roci necoezive și comportarea la îngheț a terenurilor.

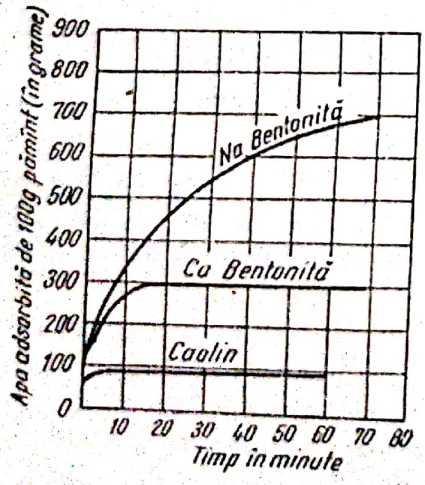


Fig. 28. Diagrama de adsorbție (după H. Lehr).

Aciditatea terenului. Am arătat mai sus că particulele solide ale pămînturilor au la suprafața lor ioni liberi de natură diferită, printre care și de H. Cantitatea de ioni liberi de hidrogen dintr-un teren se exprimă pirn potențialul de hidrogen *p*H, care este logaritmul zecimal al numărului de grame de ioni liberi de hidrogen la litrul de soluție, luat cu semnul schimbat.

Dacă într-o soluție există 10^{-5} ioni grame de hidrogen la litru de soluție, în virtutea legii acțiunii maselor, valoarea constantei de disociere *K* trebuie să rămînă constantă și egală cu 10^{-14}. Concentrația ionilor de oxidril ($\overline{OH}$) va fi de 10^{-9} ioni:

$$K=(H^+)\cdot(OH^-)=10^{-5}\quad 10^{-9}=10^{-14}.$$

Concentrația în ioni de hidrogen nu se exprimă prin exponențiale negative, ci prin logaritmul lor negativ, care se notează cu *p*H.

In exemplul luat :

$-\lg 10^{-5}=-(-5)=p\text{H}\,5=$ potențial de hidrogen.

Ionii liberi de hidrogen de pe suprafața particulelor solide pot fi schimbați cu alți ioni, ca, de exemplu : Na, K, Ca, dacă afinitatea și puterea de pătrundere a acestora din urmă sînt mai mari decît ale ionilor de hidrogen legați. Fenomenul poartă numele de schimb de bază și constituie principiul metodelor de ameliorare a calităților terenurilor pe cale chimică. De exemplu, terenurile cu *p*H mai mic decît 7, acide, au capacitate mică de adsorbție și pierd repede apa legată electrochimic. In cazul șoselelor de pămînt, unde este necesar ca terenul să-și păstreze umiditatea și pe timp de secetă, se adaugă soluții bazice de Cl_2Ca și ClNa, care micșorează aciditatea terenurilor.

Cunoscînd *p*H-ul, greutatea moleculară a sarcinii care se adaugă *m* și valența totală a atomilor *n* de Ca sau Na, care vor înlocui pe cei de H, putem afla consumul specific *C* de soluție necesară *îndulcirii* terenului prin relația :

$$C=\frac{p\text{H}\,m}{n}.$$

Apa liberă sau nelegată. Cînd gradul de umiditate a rocilor este mare și forțele electromoleculare sînt depășite prin grosimea mare a stratului de apă, apa peliculară se deplasează în zonele unde peliculele sînt mai subțiri. Dacă acestea se dovedesc insuficiente, apa peliculară trece în apă liberă. Apa liberă este supusă numai forțelor gravitației. Apa liberă cuprinde apa curgătoare sau gravitațională propriu-zisă și apa capilară.

1) *Apa gravitațională* este apa care se întîlnește în golurile supracapilare și circulă sub acțiunea gravitației. Ea exercită o presiune hidrostatică și hidrodinamică și dizolvă liantul și plinurile rocilor.

2) *Apa capilară* este apa care ocupă porii și fisurile capilare situate deasupra nivelului pînzelor acvifere. Apa capilară are proveniență dublă :

a) apa capilară legată de pînzele de apă subterane. Ridicarea apei în porii capilari se datorește tensiunii superficiale, care depinde de natura și temperatura apei. Înălțimea de ridicare capilară crește cu cît porii au dimensiuni mai mici ;

b) apa capilară provenită din infiltrarea apelor superficiale. Apa aceasta venind de sus în jos, pînă ce se stabilește legătura cu apa subterană, mai poartă numele de apă suspendată.

Intre apa legată și apa liberă există deosebiri esențiale :

— Apa strîns legată se găsește într-o stare solidă de o formă deosebită, pentru că moleculele ei sînt imobile și orientate sub formă de lănțișoare. Apa legată are o structură bine determinată.

— Densitatea apei legate este mai mare decît densitatea apei libere. Cu cît grosimea stratului de apă legată este mai subțire, cu atît densitatea apei este mai mare.

Scanned with OKEN Scanner

— Viscozitatea apei legate diferă de aceea a apei libere. Cu cît peliculele de apă legată sînt mai subțiri, cu atît viscozitatea apei este mai mare.

— Apa legată îngheață la temperaturi mai scăzute decît apa liberă (—5° la —10°C).

Apa strîns legată fiind lipsită de proprietatea de a curge liberă blochează porii mici, iar pe cei mari îi îngustează, și în felul acesta se micșorează permeabilitatea.

În funcție de felul apei legate, rocile necoezive capătă diferite proprietăți. Astfel, dacă argilele au numai apă strîns legată, se prezintă foarte îndesate, capătă proprietățile unui corp solid. Dacă au însă și apă slab legată, care de cele mai multe ori este în cantitate foarte mare, ele devin plastic-viscoase.

În fine, în rocile necoezive apa se mai întîlnește și sub formă de vapori. Vaporii de apă umple toate golurile libere din roci și se deplasează din zonele cu presiune înaltă spre zonele cu presiune scăzută. La nivele adînci, vaporii de apă se condensează și contribuie la formarea apelor subterane.

B. PROPRIETĂȚILE ROCILOR NECOEZIVE

Pentru ca rocile necoezive să poată fi întrebuințate în scopuri constructive este necesar ca ele să corespundă calitativ. Indicații prețioase asupra calității rocilor necoezive le putem obține cunoscînd proprietățile lor, care pot fi împărțite astfel :

— Proprietăți cu ajutorul cărora se stabilește starea fizică a rocilor, cum sînt : porozitatea, îndesarea, permeabilitatea, greutatea specifică și volumetrică, limitele de consistență și rezistența la îngheț.

— Proprietăți mecanice, care permit aprecierea comportării rocilor sub sarcina construcțiilor : rezistența la compresiune-tasare, rezistența la forfecare și frecare interioară.

1. PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE ROCILOR NECOEZIVE

a. Porozitatea

Rocile necoezive sînt alcătuite din particule solide libere, nelegate prin ciment. Între granulele minerale rămîn totdeauna numeroase goluri care constituie porozitatea.

Porozitatea n este definită prin aceeași relație ca pentru porozitatea rocilor coezive.

Porozitatea rocilor necoezive variază în limite foarte largi, în funcție de forma granulelor, modul lor de aranjare și uniformitate. Influența acestor factori asupra porozității poate fi dovedită experimental, în laborator și pe teren, asupra rocilor cu structură granulară. Rocile cu granule rotunjite, de diametre egale, cum sînt nisipurile afînate, au porozitatea cea mai mare ($n=50\%$), iar cele cu elemente colțuroase, neuniforme și îndesate au porozitate minimă ($n=23\%$).

Scanned with OKEN Scanner

b. Cifra porilor sau indicele porilor

Deoarece porozitatea rocilor necoezive nu rămîne constantă, ci variază în funcție de încărcare, uscare etc. în calculele geologice-tehnice se folosește adesea indicele porilor, a cărui variație este egală cu aceea a volumului golurilor.

Indicele porilor se exprimă prin aceleași relații ca pentru roci coezive.

Indicele porilor are importanță deosebită în mecanica rocilor, deoarece este folosit la calculul tasărilor. Indicele porilor caracterizează îndesarea naturală a pămînturilor și servește pentru aprecierea acestora ca terenuri de fundație. Astfel, valoarea lui $\varepsilon = 0{,}5$ caracterizează terenurile bune pentru fundații. Valoarea lui $\varepsilon > 1$ indică rocile afînate care trebuie compactate artificial atunci cînd se fundează pe ele.

c. Gradul de îndesare și capacitatea de îndesare

Considerînd ε indicele porilor în starea naturală a rocilor, ε_{max} indicele porilor în starea cea mai afînată și ε_{min}, indicele porilor în starea cea mai îndesată, se poate calcula gradul de îndesare D a rocilor analizate prin relația :

$$D = \frac{\varepsilon_{max} - \varepsilon}{\varepsilon_{max} - \varepsilon_{min}}.$$

In funcție de valorile lui D, rocile necoezive cu structură granulară pot fi : afînate $D < \frac{1}{3}$; îndesate $\frac{1}{3} < D < \frac{2}{3}$ și foarte îndesate $\frac{2}{3} < D < 1$.

Capacitatea de îndesare este proprietatea rocilor necoezive de a-și micșora volumul prin regruparea particulelor solide și micșorarea porozității :

$$D_i = \frac{\varepsilon_{max} - \varepsilon_{min}}{\varepsilon_{min}}.$$

Pentru terenurile cu structură granulată D_i variază între 0,35 și 0,70.

Starea de îndesare a rocilor necoezive depinde de încărcarea pe care depozitele respective au suportat-o în timp și variază sub sarcina construcțiilor. Astfel, de exemplu, sub încărcări statice, porozitatea nisipurilor variază puțin. Vibrațiile produse de mașini, cutremure fac ca nisipurile să sufere tasări mari. Dacă nisipurile sînt și saturate cu apă, ele pot trece ușor în stare curgătoare, antrenînd tasarea construcțiilor.

Rocile necoezive, în comparație cu cele cimentate, au porozitate mult mai mare, aceasta fiind în funcție de natura pămînturilor. Astfel, de exemplu, argilele au porozitate mult mai mare decît nisipurile, putînd atinge 80÷90% din volumul total de material.

Pentru edificare se dă în tabela 10 porozitatea principalelor roci necoezive întîlnite în construcții.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 10

Porozitatea principalelor roci necoezive

Denumirea rocii	n %	Denumirea rocii	n %
Argilă	15÷50	Nisip	30÷50
Loess	40÷60	Pietriș	30÷37
Sol	40÷50		

d. Umiditatea

În condițiile naturale de așezare, rocile necoezive au porii umpluți cu aer, apă și aer sau numai apă. Prezența apei în rocile necoezive influențează porozitatea și compactitatea rocilor.

Umiditatea naturală W_n a unei roci necoezive este dată de aceeași relație ca pentru rocile coezive.

e. Permeabilitatea

Permeabilitatea este una din cele mai importante proprietăți ale rocilor necoezive. Datorită permeabilității, apa circulă prin porii și fisurile rocilor. Curgerea apei prin roci între două puncte are loc numai în cazul unei diferențe de nivel piezometric, sub acțiunea presiunii coloanei de apă corespunzătoare diferenței de nivel piezometric $h\,\delta_a$ (fig. 29).

Raportul între presiunea coloanei de apă $h\,\delta_a$ și lunginea liniei de curent l, între cele două puncte, a și b reprezintă gradientul de presiune I_p. Raportul dintre gradientul de presiune I_p și greutatea specifică a apei δ_a se numește gradient hidraulic I:

$$I=\frac{I_p}{\delta_a}=\frac{\frac{h\,\delta_a}{l}}{\delta_a}=\frac{h}{l}.$$

Curgerea laminară a apei se supune legii lui Darcy, după care, cantitatea de apă Q ce se scurge printr-o rocă în unitatea de timp t, este egală cu produsul dintre unitatea de secțiune A, normală pe direcția curentului și viteza acestuia V. Viteza de scurgere este în funcție de coeficientul de permeabilitate a rocilor K și gradientul hidraulic I.

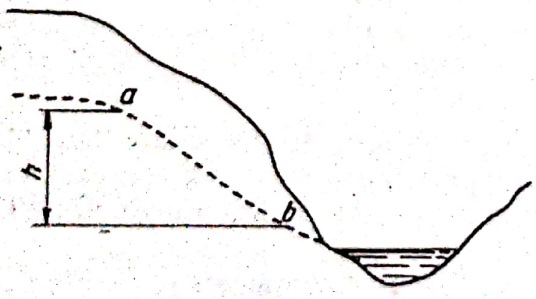


Fig. 29. Curgerea apei prin roci.

Coeficientul de permeabilitate K reprezintă cantitatea de apă ce trece, în unitatea de timp, prin unitatea de suprafață perpendiculară

pe direcția curentului, sub un gradient hidraulic unitar. K se exprimă curent prin cm/s, m/s, după necesități. Coeficientul de permeabilitate depinde de mărimea golurilor și rugozitatea pereților acestora, greutatea specifică a apei, viscozitatea și temperatura lichidului, precum și de prezența bulelor de gaze, care prin fenomenul Jamaine micșorează valoarea K.

Coeficientul de permeabilitate pentru rocile necoerente se determină în laborator folosind permeametrul cu gradient constant (fig. 30), după relația :

$$K=\frac{V}{I}=\frac{\frac{Q}{t\,A}}{\frac{h}{l}}=\frac{Ql}{ht\,A}\,[\text{m/s}].$$

Coeficientul de permeabilitate variază de la rocă la rocă și din cauza neuniformității granulelor, chiar în cadrul aceleeași roci. Pentru edificare se dau mai jos valorile lui K ale rocilor obișnuite :

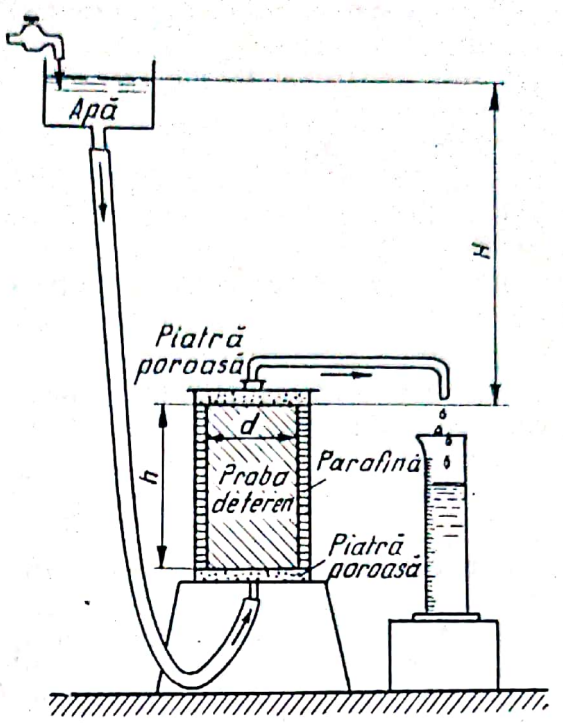


Fig. 30. Permeametrul cu gradient constant :

H — diferența de nivel piezometric ; h — lungimea probei.

— pietriș curat . . . . . $K = 10^{-1} \div 10^{-2}$ cm/s ;
— nisip cu pietriș . . . . . $K = 10^{-3} \div 10^{-1}$ cm/s ;
— nisip fin, praf . . . . . $K = 10^{-3} \div 10^{-7}$ cm/s ;
— argile . . . . . $K = 10^{-7}$ cm/s.

Curgerea apei prin roci se face conform legilor stabilite de Darcy. În cazul curgerii laminare printr-un element de volum dat, apa fiind incompresibilă, iar volumul elementelor și al porilor rămînînd constant, pentru continuitatea scurgerii este necesar ca cantitatea de apă care iese să fie egală cu aceea care intră. Condiția de continuitate a scurgerii este exprimată matematic în ecuația lui Laplace :

$$\frac{d^2}{l_x^2}+\frac{d^2}{l_z^2}=0,$$

în care :

d este viteza de curgere a apei ;
l_x, l_z — lungimea drumului parcurs de apă.

Soluția ecuației lui Laplace poate fi reprezentată prin două fascicule de curbe : unele cuprind liniile de curent, iar altele liniile echipotențiale (fig. 174). În general, suprafața impermeabilă a palplanșelor, fața inferioară a barajelor, constituie o linie de curent ; suprafețele orizontale de la intrare și ieșire a apei constituie o linie echipotențială. Determinarea

Scanned with OKEN Scanner

și reprezentarea liniilor de curent și echipotențiale constituie *spectrul hidrodinamic*. Cunoașterea lui este necesară pentru evaluarea scurgerii apei pe sub construcțiile hidrotehnice și a forței curentului apei în puncte diferite.

Forța curentului. Apa se scurge prin rocile necoezive, datorită presiunii $\delta_a h$ care se consumă prin frecarea ce are loc între apă și particulele solide. Dacă presiunea este prea mare și se exercită de jos în sus, se poate produce antrenarea componenților.

Presiunea totală pentru o probă de secțiunea A este

$$P_t = \delta_a h A,$$

care, dacă este repartizată la unitatea de volum, poartă numele de forța curentului J:

$$J = \frac{\delta_a h}{l} = \delta_a I.$$

Forța curentului intervine în curgerea apei modificînd stabilitatea rocilor.

Antrenarea materialului de către curentul de apă are loc cînd forța acestuia este egală cu greutatea sub apă a materialului:

$$\delta_a I = \gamma_{as}.$$

Raportul $\frac{\gamma_{as}}{\delta_a} = I_{crit}$ este gradientul critic, iar viteza critică se obține:

$$V_{crit} = I_{crit} K.$$

Dacă viteza critică este depășită, are loc o deplasare a particulelor, însoțită de creșterea porozității și deci a permeabilității. În punctul în care curentul iese la suprafața terenului se produce antrenarea materialului, deoarece în acest punct are loc o concentrare a liniilor de curent și echipotențiale. Se produce astfel o depresiune care crește continuu sub forma unui canal care crește pe sub construcție. Fenomenul este cunoscut sub numele de eroziune internă și poate duce cu timpul la distrugerea construcțiilor.

Pentru prevenirea aducerii nisipurilor în stare de plutire și a eroziunii interne se utilizează filtrele inverse, care împiedică antrenarea particulelor de nisip și micșorează forța curentului.

f. Greutatea specifică

Greutatea specifică se exprimă, ca și în cazul rocilor coezive, prin raportul dintre greutatea particulelor solide G_s și volumul lor $\gamma = \frac{G_s}{V}$ gf/cm³.

Greutatea specifică este o caracteristică a mineralelor din care sînt alcătuite particulele solide ale rocilor și variază în funcție de greutatea specifică a acestora de la 2,65÷2,85 gf/cm³. Se admite ca valoare medie pentru nisipuri 2,65 gf/cm³ și 2,7 gf/cm³ pentru argile. Densități mai mici indică prezența mineralelor argiloase.

Greutatea specifică este folosită în practică pentru calcularea porozității, compactității și curbei de compresiune — tasare.

Scanned with OKEN Scanner

g. Greutatea specifică aparentă

Greutatea volumetrică este greutatea unității de volum în stare naturală și este definită prin raportul dintre greutatea întregei mase de pămînt G (solid + apă + aer) și volumul său V.

$$\gamma_a = \frac{G}{V}.$$

Greutatea volumetrică a rocilor necoezive depinde de greutatea specifică a solidelor, porozitate și gradul de umiditate. Are valoare minimă cînd pămîntul este uscat, adică porii sînt plini cu aer, și maximă cînd porii sînt umpluți complet cu apă.

In cazul că rocile se găsesc sub nivelul apei subterane, greutatea lor volumetrică se micșorează simțitor datorită subpresiunii apei.

Considerînd volumul particulelor solide din unitatea de volum de pămînt $V_s = \frac{1}{1+\varepsilon}$ și greutatea unității de volum a particulelor solide din apă egală cu $\gamma - \delta_a$, greutatea volumetrică a pămîntului sub apă γ_{as} este dată de relația :

$$\gamma_{as} = \frac{\gamma - \delta_a}{\frac{1}{1+\varepsilon}},$$

dar

$$V_s = 1 - n,$$

și deci

$$\gamma_{as} = (\gamma - \delta_a)\ (1 - n).$$

In tabela 11 este prezentată greutatea volumetrică în stare uscată, în stare saturată cu apă și sub apă pentru cîteva roci necoezive.

Tabela 11

Greutatea volumetrică a principalelor roci necoezive folosite în construcții

Denumirea rocii	uscate	saturată	submerse
	γ_a	γ_a	γ_a
Nisip	1,43—1,75	1,89—2,09	0,89—0,09
Nisip uniform	1,59—1,86	1,99—2,16	0,99—1,16
Argilă	1,22—1,70	1,77—2,07	0,77—1,07
Argilă organică	0,92—0,68	1,58—1,94	0,58—0,43

Greutatea volumetrică a rocilor necoezive este necesară pentru calculul porozității, al împingerilor laterale și în transportul de materiale.

Scanned with OKEN Scanner

h. Consistența pămînturilor

Rocile pseudocoezive alcătuite din particule fine, cum sînt argilele și argilele nisipoase, în funcție de conținutul în apă se prezintă sub diferite stări de îndesare solidă, semisolidă, vîscoasă, plastică sau curgătoare. Trecerea de la o stare la alta este însoțită de schimbarea proprietăților fizice și mecanice. Umiditățile de la care rocile pseudocoezive trec de la o stare la alta poartă numele de limite de consistență sau limitele lui Atterberg. Aceste limite sînt exprimate prin raportul, în procente, dintre greutatea conținutului în apă și greutatea materialului uscat.

Pentru rocile argiloase limitele de consistență sînt :

— limita de contracție — între stările solidă și semisolidă ;

— limita de frămîntare sau limita inferioară de plasticitate — între stările semisolidă și plastică ;

— limita de curgere sau de fluiditate sau limita superioară de plasticitate — între stările plastică și fluidă (curgătoare).

1) *Limita de contracție*. Rocile argiloase și îndeosebi argilele în stare solidă au umiditate redusă. Forțele capilare care se dezvoltă sînt foarte puternice și produc o micșorare de volum a rocilor. Dacă valoarea forțelor capilare depășește presiunea pe care roca respectivă o poate suporta, acestea se fisurează.

Contracția rocilor argiloase se exprimă prin coeficientul de contracție. Dacă cunoaștem volumul probei de rocă în stare naturală V_0 și volumul probei contractate prin dispariția apei din pori V_1 :

$$C_c = \frac{V_0 - V_1}{V_1}.$$

Coeficientul de contracție se mai poate exprima și în funcție de umiditate. In acest caz, coeficientul de contracție este raportul dintre variația volumului rocii și variația corespunzătoare a umidității, pentru umidități mai mari decît limita de contracție :

$$C_c = \frac{V_0 - V_1}{Wn - W_1}.$$

După coeficientul de contracție, rocile argiloase privite ca terenuri de fundație se clasifică astfel :

— bune	$C_c < 5\%$;
— mijlocii	$5\% < C_c < 10\%$;
— rele	$10\% < C_c < 15\%$;
— inutilizabile	$15\% < C_c$.

Limita de contracție W_k este umiditatea corespunzătoare stării de saturație a rocilor argiloase de la care o micșorare a conținutului de apă nu mai atrage după sine o scădere a volumului. Forțele capilare nu mai depășesc rezistența rocilor, meniscul se rupe și apa se retrage către interior. Rocile trec de la starea solidă la cea semisolidă, schimbîndu-și culoarea de la negricioasă la galbenă-deschis.

Scanned with OKEN Scanner

Contracția volumetrică C_v este micșorarea unității de volum a pămînturilor, corespunzătoare scăderii umidității de la umiditatea de saturație W_{sat} la limita de contracție W_K.

Contracția liniară C_l este micșorarea dimensiunii lineare a probei de pămînt, corespunzătoare scăderii umidității de la umiditatea de saturație W_{sat} la limita de contracție.

Observațiile făcute asupra rocilor argiloase arată că acestea suferă contracții în următoarele situații :

— în timpul perioadelor secetoase prelungite ; prin evaporarea intensă, rocile argiloase pierd umiditatea pe adîncime mare, se contractă și crapă ;

— după drenarea apelor ;

— în apropierea instalațiilor cu temperatură înaltă.

Contractarea rocilor argiloase însoțite de fisuri este foarte periculoasă pentru construcții ; contractarea terenului de fundație antrenează tasarea inegală a construcțiilor și fisurarea lor.

Plasticitatea este proprietatea rocilor argiloase de a se deforma sub acțiunea unui efort constant, sub volum constant, cu păstrarea deformației după încetarea efortului. Plasticitatea pămînturilor depinde de o serie de factori :

— mărimea și forma particulelor solide ; rocile cu particule mari nu manifestă plasticitate. Nisipurile prin adaos de apă trec din starea solidă în starea curgătoare. Plasticitatea crește cînd particulele componente sînt mai fine. De asemenea, plasticitatea crește cu cît particulele solide sînt mai plate, deoarece adsorbția de apă depinde de mărimea suprafeței particulelor și de numărul punctelor de contact dintre ele ;

— natura mineralogică a particulelor ; este principalul factor care determină plasticitatea pămînturilor. Particulele de cuarț, chiar de dimensiuni coloidale, nu conferă rocilor plasticitate. În schimb, mineralele argiloase, chiar în proporții reduse, dau plasticitate rocilor. Un conținut de 20% particule argiloase coloidale face ca nisipurile fine să devină plastice ;

— natura complexului de adsorbție ; ionii de Na, K, Ca, Mg micșorează limitele de plasticitate ; ionii de Na măresc intervalul de plasticitate, iar cei de K îl micșorează.

Plasticitatea rocilor argiloase este încadrată de două limite, subiective și convenționale, propuse de Atterberg : limita de frămîntare și limita de curgere.

2) *Limita de frămîntare* W_f sau limita inferioară de plasticitate corespunde umidității de la care rocile argiloase (argilele aduse în stare plastică sub formă de cilindrii de 3 mm diametru se crapă) se fărîmițează.

Starea pămînturilor la limita de frămîntare corespunde umidității sub care se schimbă proprietățile apei din pori : apa nu mai este apă liberă, ci apă legată fizic ; viteza de evaporare a apei de pe suprafața probei scade, iar permeabilitatea devine nulă.

3) *Limita de curgere* W_c sau limita superioară de plasticitate este umiditatea minimă la care terenurile argiloase curg sub greutatea proprie.

Se consideră ca limita de curgere a terenurilor umiditatea pe care o are materialul cînd o dîră trasă în cupa aparatului Casagrande (fig. 31) se închide pe 12 mm după 25 de căderi ale cupei.

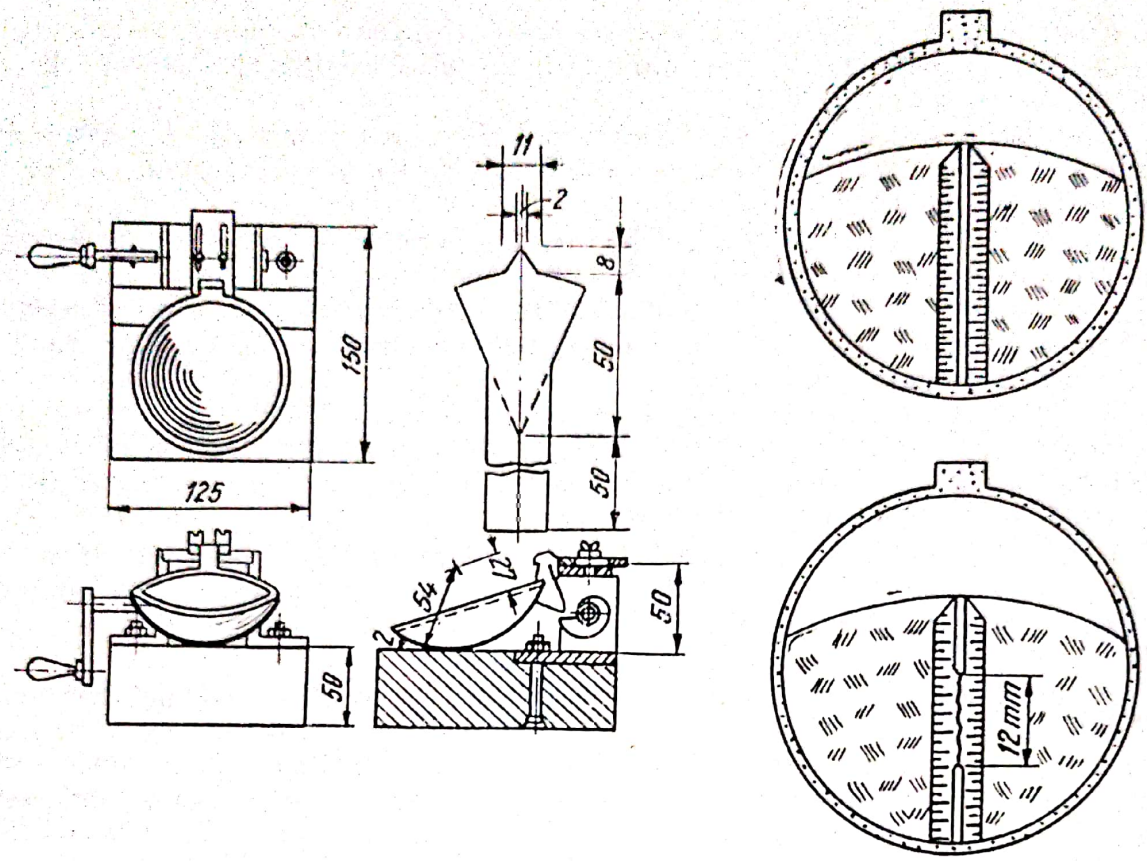


Fig. 31. Aparatul Casagrande pentru determinarea limitei de curgere.

Indicele de plasticitate I_p este diferența între umiditatea limitei de curgere și umiditatea limitei de frămîntare :

$$I_p = W_c - W_f.$$

Indicele de plasticitate indică domeniul de umiditate în care terenurile argiloase se află în stare plastică.

Indicele de plasticitate variază după conținutul în particule fine, compoziția chimică a rocilor și prezența nisipului cuarțos.

La pămînturile necoezive (nisipuri, pietrișuri) $I_p = 0$; la pămînturile argiloase-prăfoase, indicele de plasticitate crește cu proporția de fracțiune argilă și natura mineralogică a acestei fracțiuni. De asemenea, indicele de plasticitate crește proporțional cu puterea de absorbție a argilelor. Pămînturile alcătuite din minerale argiloase (monmorillonit și caolinit) au mari calități plastice, spre deosebire de acelea alcătuite din mineralele silicioase și mineralele primare, care chiar la dimensiuni coloidale nu au plasticitate. Prezența ionilor de Na, K mărește intervalul de plasticitate.

După valoarea indicelui de plasticitate, pămînturile argiloase se clasifică astfel :

— cu plasticitate redusă $0 < Ip > 10$ — nisip argilos ;
— cu plasticitate mijlocie $10 < Ip < 20$ — argilă nisipoasă ;
— cu plasticitate mare $20 < Ip\ 35$ — argilos slabă ;
— cu plasticitate foarte mare $35 < Ip$ — argilă grasă.

Indicele de consistență I_c este raportul :

$$I_c = \frac{W_c - W}{I_p}.$$

Valoarea lui exprimă starea de consistență a pămînturilor astfel :

$0 < Ic < 0{,}25$ — pămînt plastic curgător ;
$0{,}25 < Ic < 0{,}50$ — pămînt plastic foarte moale ;
$0{,}50 < Ic < 0{,}75$ — pămînt plastic moale ;
$0{,}75 < Ic < 1$ — pămînt plastic vîrtos ;
$Ic = 1$ — pămînt tare.

Studiul plasticității rocilor este deosebit de important, deoarece pune în evidență interdependența între structura moleculară a particulelor de pămînt, forma de prezentare a apei în spațiile intermoleculare și caracteristicile mecanice ale pămînturilor legate de sarcina admisibilă a terenurilor.

i. Acțiunea înghețului asupra rocilor necoezive

Rocile necoezive sînt alcătuite din particule minerale solide, apă și aer. La temperaturi scăzute sub 0°, apa din pori poate trece din stare lichidă în stare solidă. Înghețarea apei în pori este însoțită de numeroase procese fizico-chimice și fizico-mecanice, care schimbă structura și proprietățile rocilor. Prin îngheț pămînturile își măresc coeziunea și volumul. Creșterea volumului se datorește creșterii volumului apei prin îngheț și redistribuirii și migrației apei în roci. În timpul înghețului, componentele rocilor se distanțează unele de altele, iar prin dezgheț nu mai revin în poziția inițială. Se formează astfel o structură specifică, afînată, caracterizată prin permeabilitate ridicată și stabilitate mică.

Pămînturile înghețate conțin apa sub toate formele ei de existență : gheață, lichidă și vapori.

Gheața se găsește sub formă de cristale izolate, incluziuni și strate de grosimi diferite. Existența ei conferă rocilor coeziune mare, asemănătoare aceleia dată de ciment. Apa lichidă își datorește existența forțelor electromoleculare, care scad temperatura apei liosorbite. În general, rocile cu granulație fină au forțele electromoleculare mai puternice și deci și temperatura de înghețare a apei este mai scăzută. Experiența arată că în porii cu diametrul de 0,06 mm apa îngheață la —18,5°C.

Terenurile afînate conțin toate tipurile de apă, dar nu îngheață toate deodată. Mai întîi îngheață apa liberă, apoi apa liosorbită, și ultima îngheață apa adsorbită. Însă oricît de coborîtă ar fi temperatura, în rocile necoezive tot mai rămîne apa lichidă. Cantitatea ei depinde de oscilațiile temperaturii negative și valoarea presiunii.

Vaporii de apă se găsesc în porii mari și crăpăturile formate prin îngheț. Ei migrează din zonele cu temperatură mai ridicată spre zonele cu temperatură mai scăzută.

Înghețarea terenurilor este un proces cu anumite particularități. Mai întîi are loc o suprarăcire a pămîntului pînă la o temperatură oarecare t_n (fig. 32). Cînd apa a trecut în stare solidă, datorită eliminării căldurii

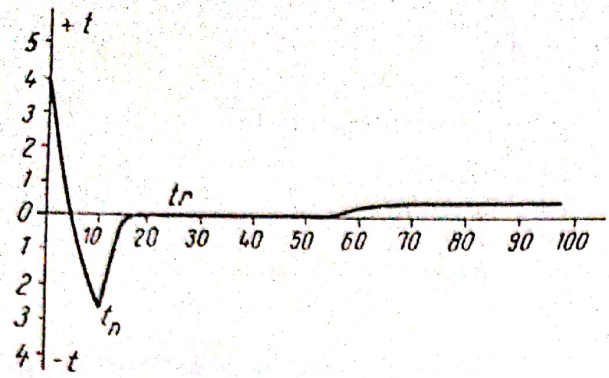


Fig. 32. Diagrama temperaturilor în timpul înghețului.

latente de îngheț se observă o creștere bruscă a temperaturii pînă la temperatura reală de îngheț t_r. Cînd t_r este atinsă, intervine un echilibru între cedarea de căldură la exterior și primirea de căldură prin degajarea căldurii latente de îngheț. Fenomenul se manifestă prin porțiunea orizontală a curbei și se numește paravan nul, deoarece împiedică coborîrea ulterioară a temperaturii. Durata paravanului nu depinde de intensitatea de răcire.

Prin răcirea în continuare a pămînturilor, curba variației temperaturilor capătă convexitate în sus, datorită degajării în continuare de căldură latentă prin înghețarea stratelor de apă mai bine fixate.

Degajarea căldurii latente are loc pînă la temperaturi specifice pentru fiecare tip de teren în parte. Astfel, pentru nisipuri pînă la —1°C ; pentru argile prăfoase pînă la —60°C, ceea ce arată că apa legată în cantitate mare influențează asupra înghețării rocilor.

Este cunoscut faptul că prin îngheț apa cuprinsă în porii rocilor își mărește volumul cu 1/11 (9%) față de volumul inițial. Aceasta arată că la o porozitate de 50% a unei roci, prin îngheț stratul de rocă poate să-și mărească volumul cu aproape 5% (0,5×0,09=0,045). In realitate, creșterea volumului rocilor înghețate este de 20÷30%. In timpul înghețului, volumul de apă a crescut în zonele înghețate. Creșterea se datorește migrării apei în faza lichidă, sau sub formă de vapori, din rocile saturate cu apă.

După cercetările specialiștilor, migrarea apei în stare lichidă are o deosebită importanță practică și este condiționată de forțele osmotice, eforturile care se dezvoltă în roci cînd înghețarea este neuniformă și forțele capilare.

1) *Forțele osmotice* sînt forțe de aspirație care apar la orice temperatură. Valoarea lor este sporită mult la temperaturi scăzute. Cu cît temperatura este mai scăzută, cu atît forțele osmotice vor fi mai puternice.

Prin roci apa se deplasează spre zonele răcite, datorită diferenței între forțele osmotice din stratele apei orientate la suprafața de răcire și din stratele de desubt. Fenomenul se produce în felul următor : la temperaturi sub 0°C, în porii mari ai stratelor superioare ale pămîntului apar centre de cristalizare a apei. Către aceștia sînt atrase moleculele de apă liberă și liosorbită. Prin scăderea grosimii stratelor de apă legată se mărește presiunea de aspirație și se formează un curent continuu de apă spre zona înghețată. Viteza cu care apa se deplasează spre zonele înghețate depinde de capacitatea de hidratare a particulelor solide, viteza de răcire și capacitatea de filtrare a rocilor.

Forțele osmotice de aspirație au valori diferite, în funcție de natura terenului. Rocile argiloase și argiloase-prăfoase au forța osmotică maximă. Cele nisipoase și nisipurile curate au forță osmotică minimă. In consecință,

în rocile puțin permeabile, cum sînt cele argiloase, apa este atrasă puternic spre zonele de îngheț. În cele granulare, cum sînt nisipurile, pietrișurile, apa este refulată de la marginea zonei de îngheț. Acest fenomen are deosebită importanță pentru drumuri, deoarece pentru prevenirea înghețului terasamentelor, la alcătuirea acestora se utilizează pămînturi cu granulație mare, care întrerup afluxul de apă spre zonele înghețate.

2) *Eforturile interioare* se dezvoltă în rocile înghețate neuniform, datorită prezenței în adîncime a unor strate impermeabile. Aceste eforturi fac ca să apară o presiune sub acțiunea căreia apa se mișcă spre zonele de minimă rezistență.

Eforturile interioare contribuie în mică măsură la migrarea apei în rocile înghețate neuniform. Ele se suprapun forțelor osmotice, mărind cantitatea de apă migrată.

3) *Ridicarea apei prin capilaritate* pe crăpăturile provenite prin îngheț are de asemenea o importanță locală.

Rocile înghețate conțin, în afară de gheață care ocupă porii, intercalații și lentile de gheață, ale căror dimensiuni pot atinge zeci de centimetri. Formarea gheții ca lentile și intercalații se numește degajare de gheață. Acest proces are loc pe două căi :

— prin redistribuirea apei în roci. Rocile izolate saturate cu apă, în timpul înghețului, datorită formării cristalelor de gheață se umflă la partea superioară și se contractă la cea inferioară. Fenomenul se explică prin migrarea apei spre zonele înghețate, superioare. În acest caz degajarea de gheață se face în sistem închis ;

— prin accesul apei subterane care se găsește sub stratele înghețate. Pe măsură ce cristalele de gheață cresc, ele dezvoltă o presiune datorită căreia particulele solide se distanțează unele de altele. Datorită forțelor osomtice, între apa subterană lichidă și zona înghețată se stabilește o legătură permanentă, un circuit de apă care alimentează formarea în continuare a ghețiii. In felul acesta iau naștere intercalațiile și lentilele de gheață formate prin degajarea de gheață în sistem deschis.

Formarea lentilelor de gheață depinde de o serie de factori în care intră structura și compoziția granulometrică a rocilor, umiditatea, temperatura și regimul de îngheț.

Structura și compoziția granulometrică a rocilor influențează foarte mult degajarea de gheață. Lentilele de gheață cresc mai repede, cu cît pămîntul este mai afînat și granulele minerale mai mici.

Temperatura și viteza de răcire influențează, de asemenea, formarea excesului de gheață. Cu cît temperatura este mai joasă și răcirea se face mai brusc, cu atît și degajarea de gheață este mai mică.

In ceea ce privește regimul de îngheț, experiența arată că excesul de gheață se formează cînd limita de îngheț staționează la un nivel oarecare, sau cînd limita de îngheț oscilează din cauza accesului apei din exterior.

Adîncimea pe care îngheață pămînturile depinde de climă. La noi în țară, adîncimea de îngheț variază între 0,80 și 1,0 m.

Acțiunea înghețului se manifestă prin ridicarea terenului în zonele înghețate și formarea denivelărilor în care poate staționa apa după dezgheț.

Scanned with OKEN Scanner

Construcțiile care suferă cel mai mult de pe urma înghețului sînt drumurile și căile ferate. Înghețul și dezghețul terasamentelor duce la denivelări însoțite de distrugerea îmbrăcămintei la drumuri și denivelarea liniilor de cale ferată.

Acțiunea înghețului se mai face simțită la construcțiile ce nu sînt fundate sub limita de îngheț, săpăturile deschise în timpul iernii etc.

Înghețul produce stricăciuni cînd există simultan următoarele trei condiții :

— pămîntul periculos la îngheț ; rocile prăfoase, argiloase sînt cele mai favorabile degajării de gheață ;

— apa care poate fi atrasă în zona de îngheț ;

— temperatura scăzută de intensitate și durată mare.

Absența unuia din factorii de mai sus face ca pericolul de îngheț să fie înlăturat.

După sensibilitatea la îngheț, rocile necoezive se pot clasifica astfel :

— nepericuloase la îngheț : pietriș, nisip, argilă ;

— moderat periculoase la îngheț : lutul, mîlul ;

— periculoase la îngheț : nisipul făinos, luturile nisipoase, grohotișurile cu praf, nisipul fin, cu peste 50% particule mai mici de 0,12 mm, și pămînturile prăfoase.

2. PROPRIETĂȚILE MECANICE ALE ROCILOR NECOEZIVE

a. Compresibilitatea

Rocile necoezive sînt roci afînate, caracterizate prin porozitate mare și rezistență mică a legăturilor particulelor solide. Din această cauză, sub acțiunea încărcărilor transmise de fundații rocile necoezive se deformează puternic, antrenînd adîncirea construcțiilor amplasate deasupra lor. Fenomenul poartă numele de tasare și se produce în două feluri :

— prin cedare laterală a terenului înconjurător ;

— prin compresibilitatea terenului.

1) Tasarea prin cedare laterală a terenului înconjurător (fig. 33) se explică prin faptul că terenul de sub construcții pentru a-și păstra volumul constant, exercită asupra terenului înconjurător o presiune, care este în funcție de greutatea transmisă de fundație. Dacă terenul înconjurător cedează la presiune, cel de sub fundație se deformează sub volum constant. Deformarea se produce prin umflarea laterală a terenului, care nu reprezintă altceva decît fuga acestuia de sub fundație, tasarea lui pe verticală. Fenomenul este asemănător cu urmele lăsate de pași pe un teren moale ; sub greutate, terenul fiind moale cedează prin umflare laterală, iar piciorul se afundă.

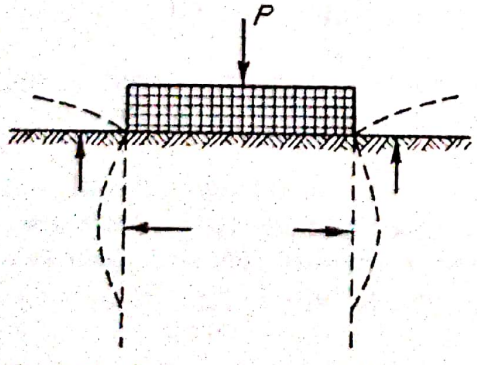


Fig. 33. Trasarea prin cedare laterală a terenului înconjurător.

Scanned with OKEN Scanner

2) Dacă sînt împiedicate deformațiile laterale, tasarea rocilor se produce prin :

— micșorarea volumului golurilor, deci prin îndesarea rocilor ;

— deformarea particulelor solide.

In general, tasarea terenurilor se produce numai prin micșorarea volumului golurilor, deformarea particulelor solide fiind neglijabilă.

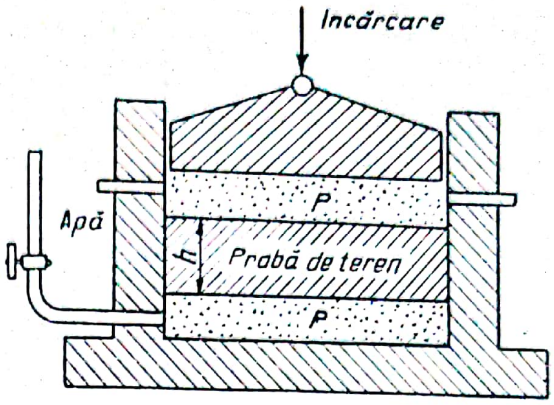


Fig. 34. Edometrul.

Determinarea compresibilității rocilor necoezive se realizează cu ajutorul edometrului (fig. 34). Proba de pămînt netulburată luată cu ștanța se introduce între două pietre poroase, în corpul rigid al aparatului care împiedică dilatarea laterală. Cu ajutorul unei pîrghii, proba este supusă unei sarcini de compresiune progresive. Apa din pori se elimină prin pietrele poroase, golurile se micșorează și deci proba se tasează cu valori corespunzătoare sarcinilor aplicate. Fenomenul poartă numele de consolidare, iar timpul necesar producerii întregii tasări, timp de consolidare.

Raportul dintre tasarea produsă după un anumit timp t de la încărcare și tasare totală S se numește grad de consolidare

$$U_c = \frac{S_t}{S}.$$

Raportul dintre coeficientul de permeabilitate și produsul dintre tasarea specifică S_s și greutatea specifică a apei δ_a se numește coeficientul de consolidare.

$$C_c = \frac{K}{S_s \delta_a}.$$

Timpul necesar consolidării t este direct proporțional cu pătratul grosimii stratului H, și invers proporțional cu coeficientul de consolidare C_c, adică :

$$t = \frac{T H^2}{C_c},$$

unde T este un factor de timp.

In consecință, durata procesului de consolidare depinde de coeficientul de permeabilitate al rocilor K, și de tasarea specifică S_s : cu cît K este mai mic și cu cît S_s este mai mare, cu atît timpul de consolidare va fi mai mare.

In ceea ce privește tasarea rocilor se constată că rocile permeabile se tasează repede, spre deosebire de argile, care au nevoie de un timp îndelungat de tasare. Durata mai lungă de tasare se explică prin aceea că, după încărcarea probei, apa din pori preia această încărcare, iar particulele solide se încarcă numai în măsura în care apa este eliminată.

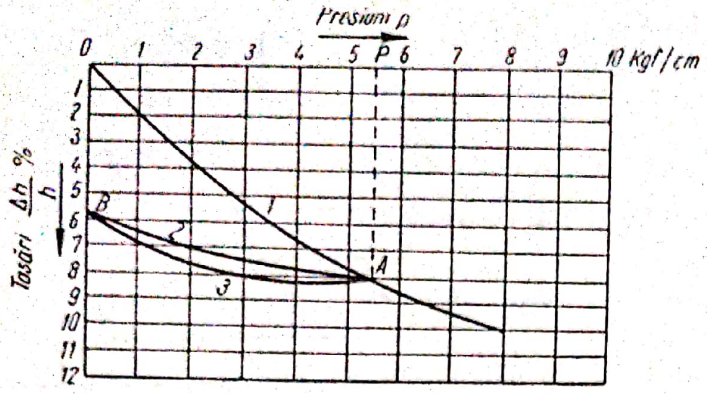


Fig. 35. Curba de compresiune-tasare.

Variațiile tasării în raport cu presiunile pot fi reprezentate într-un grafic (fig. 35), obținîndu-se curba de compresiune-tasare a terenului respectiv.

Curba *1* corespunde unei presiuni unitare. Dacă după comprimarea probei pînă la valoarea P a presiunii aceasta se descarcă tot progresiv și se măsoară valorile comprimărilor sub sarcină descrescîndă, se obține curba *2*, care nu coincide cu curba *1*. Dacă proba se descarcă complet, observăm că ea păstrează o deformație specifică remanentă OB, care constituie partea plastică, ireversibilă a deformațiilor terenului sub sarcina P. Diferența $AP—OB$ reprezintă partea elastică, reversibilă.

Dacă se repetă operația de comprimare în același fel, se obține curba *3*, cu panta generală mai mică decît a curbei *1*, pînă ce curba *3* ajunge în prelungirea curbei *1*. Din acest loc ea își schimbă brusc înclinarea, reluînd alura curbei *1*.

Variația înălțimii probei ΔH, raportată la înălțimea ei inițială H, dă comprimarea relativă C_s, adică :

$$C_s = \frac{\Delta H}{H}.$$

Raportul dintre presiunea unitară P, în kgf/cm² și tasarea t în cm, dă coeficientul de tasare :

$$C_t = \frac{P}{t}.$$

Curba de compresiune a rocilor tulburate diferă de aceea a rocilor netulburate. La acestea din urmă, curba de compresiune are o porțiune aproape orizontală, și apoi panta ei crește pînă ce se racordează la curba de compresiune a probei tulburate. Această situație se explică prin presiunea geologică dată de rocile situate deasupra, a cărei valoare $P = h\,\gamma_a$ corespunde punctului de racordare.

Studiul compresibilității rocilor necoezive este foarte important pentru asigurarea stabilității construcțiilor. În general, construcțiile vor fi stabile atîta timp cît între încărcare și deformare există proporționalitate.

b. Rezistența la forfecare sau tăiere

Rezistența la forfecare pentru rocile necoezive este forța care se dezvoltă în interiorul rocii și se opune tendinței de alunecare a particulelor pe o suprafață dată. Rezistența la forfecare depinde de frecarea interioară, care

se dezvoltă între particulele componente, precum și de coeziunea rocilor. Ea variază în limite largi, iar legile după care se produc aceste variații au fost date de Coulomb.

In cazul rocilor argiloase, rezistența la forfecare depinde de frecarea interioară și de coeziune.

$$\tau_{rf} = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c$$

în care:

σ este efortul normal de suprafața de alunecare, în kgf/cm²;
φ — unghiul de frecare interioară;
$\operatorname{tg}\varphi$ — coeficientul de frecare interioară.
c — coeziunea rocii.

Rocile fără coeziune, cum sînt nisipurile și pietrișurile, își datoresc rezistența la forfecare numai frecării interioare. Rezistența la forfecare τ_{rf} este proporțională cu efortul normal la suprafața de rupere și este dat de relația:

$$\tau_{rf} = \sigma \operatorname{tg} \varphi.$$

τ_{rf} este în funcție de direcția suprafeței de alunecare.

Dreapta lui Coulomb. Dacă se reprezintă grafic relațiile de mai sus, luînd în abscisă efortul normal σ și în ordonată rezistența la forfecare τ_{rf} se obține în fiecare caz o dreaptă care poartă numele de dreapta lui Coulomb (fig. 36).

In primul caz, dreapta este înclinată cu unghiul φ față de orizontală și are ordonata la origine c, care depinde de valoarea coeziunii rocilor; pentru terenurile fără coeziune, dreapta trece prin origine și este înclinată față de orizontală cu unghiul φ_1. La rocile pur coezive, dreapta este orizontală și situată la distanța c față de abscisă.

Dacă considerăm un teren consolidat și îl supunem unei presiuni, se constată că aceasta se transmite în interiorul lui prin intermediul particulelor solide (fig. 37). Fiecare particulă transmite particulei pe care se reazimă o forță R (fig. 38, *a*), care se descompune în două componente: una normală N și alta tangențială T, la suprafața de contact a particulelor S. Raportînd cele două componente la suprafața de reazim, se obțin eforturile unitare $\sigma_{rc} = \frac{N}{S}$, care tind să mențină particulele pe loc, și $\tau_{rf} = \frac{T}{S}$, care tinde să deplaseze particulele una față de alta. Pentru ca efortul τ_{rf} să disloce particulele, este necesar ca el să învingă frecarea care se dezvoltă pe

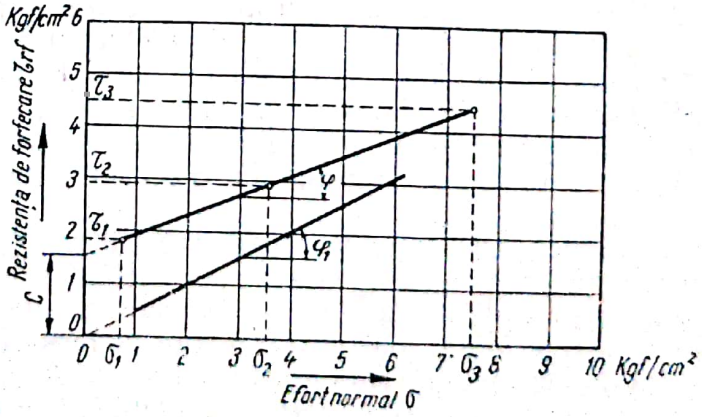


Fig. 36. Legea lui Coulomb.

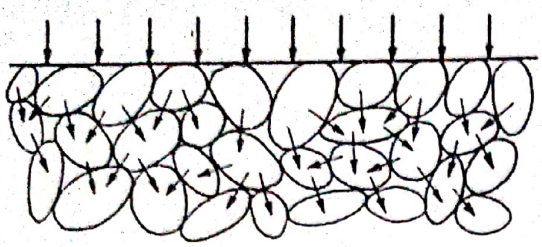


Fig. 37. Transmiterea presiunilor în rocile necoezive.

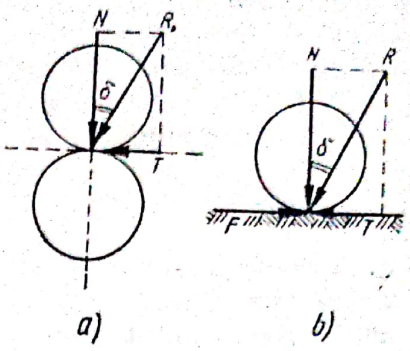


Fig. 38. Frecarea interioară :
a — particule rezemate prin frecare ;
b — particulă plasată pe o suprafață aspră.

suprafața de contact a particulelor prin efortul normal σ_{rc} și forța de coeziune care leagă particulele solide una de alta (fig. 38, *b*).

Frecarea interioară. Considerăm un corp solid așezat pe o suprafață aspră, asupra căruia acționează forța R, înclinată față de normala la suprafața cu unghiul δ. Forța R se descompune în două componente (N și T):

$$N=R\cos\ \delta;\quad T=R\sin\ \delta;\quad F=R\cos\ \delta.\mathrm{tg}\varphi$$

Corpul va sta în echilibru dacă îndeplinește condiția :

$$T<F;\ R\sin\ \delta<R\cos\delta.\mathrm{tg}\ \varphi;\ \frac{\sin\delta}{\cos\delta}<\mathrm{tg}\,\varphi.$$

Echilibrul limită are loc la valoarea φ a unghiului $T=F$.

In exemplul luat, considerînd două particule rezemate prin frecare una de alta, condiția de echilibru limită este ca rezultanta eforturilor σ și τ să facă cu normala la suprafața particulelor unghiul φ, egal cu unghiul de frecare interioară ;

$$\mathrm{tg}\,\varphi=\frac{\tau}{\sigma};\quad \tau=\sigma\,\mathrm{tg}\,\varphi.$$

Valoarea lui φ depinde de următorii factori : mărimea și forma particulelor solide ; natura mineralogică a particulelor ; natura ionilor liberi de pe suprafața particulelor, îndeosebi ionii de Na și K, care influențează stabilitatea peliculei de apă în jurul granulelor ; acțiunea sarcinilor exterioare cînd o parte din apă devine liberă și micșorează frecarea favorizînd lunecarea particulelor ; umiditatea, cînd unghiul φ scade cu umiditatea la rocile cu granule fine.

Coeziunea este rezistența care rezultă din unirea particulelor solide ale rocilor datorită forțelor de atracție moleculară. Coeziunea apare la un conținut de granule de minimum 10% sub 0,02 mm diametru și se adaugă la frecarea interioară, mărind rezistența la forfecare.

Coeziunea rocilor (pămînturilor) este de două feluri :

— efectivă, cauzată de forțe electrochimice, care iau naștere între particulele înconjurate de apă adsorbită ; are caracter permanent ;

— aparentă, produsă de apa capilară; are caracter temporar și dispare cînd apa lipsește sau este în exces.

Cercul lui Mohr. Ruperea rocilor de-a lungul unei suprafețe se realizează cînd eforturile de forfecare depășesc rezistența la tăiere corespunzătoare. Condițiile în care se produce forfecarea pot fi explicate și cu ajutorul cercului eforturilor sau cercul lui Mohr.

Considerăm o probă de rocă (fig. 39) asupra căreia acționează presiunea principală maximă P_1. Fiecare din aceste presiuni se descompune pe suprafața de rupere *1*, înclinată față de planul de efort maxim cu unghiul α, în componentele σ_1, σ_2 și τ_1, τ_2. Observăm că se formează un triunghi OAB, cu fețele OA și OB, perpendiculare pe eforturile P_1 și P_2. Luînd $AB=1$, $OA=1\cos\alpha$ și $OB=1\sin\alpha$, obținem:

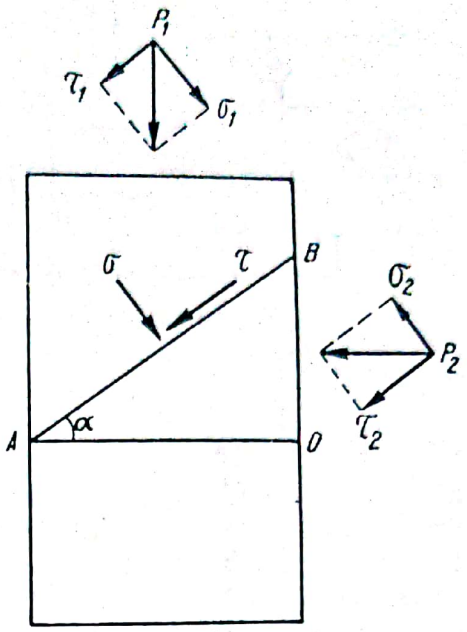


Fig. 39. Condițiile de rupere a probelor de pămînt.

$$\sigma=\sigma_1\cos^2\alpha+\sigma_2\sin^2\alpha=\frac{P_1+P_2}{2}+\frac{P_1+P_2}{2}\cos^2\alpha,$$

$$\tau=(\sigma_1-\sigma_2)\sin\alpha\cos\alpha=\frac{\sigma_1+\sigma_2}{2}\sin 2\alpha.$$

Reprezentînd grafic (fig. 40) eforturile normale în abscisă și eforturile de forfecare în ordonată, punctele coordonatelor date de relațiile de mai sus pentru diferite valori ale lui α se plasează pe un cerc cu centrul pe axa σ la distanța de origine egală cu $\frac{P_1+P_2}{2}$ și cu raza egală cu $\frac{P_1-P_2}{2}$. Cercul se numește cercul eforturilor al lui Mohr. Orice punct de pe cerc va avea coordonate efortul σ și τ, corespunzătoare unui plan AB din jurul axului considerat, înclinat cu unghiul α față de planul efortului maxim. Unghiul la centru al punctului respectiv va fi egal cu 2α.

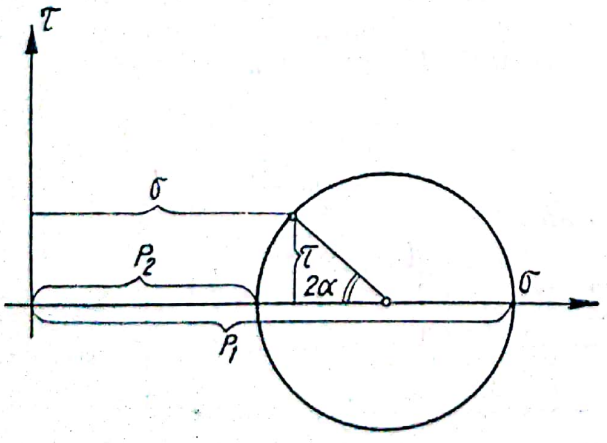


Fig. 40. Reprezentarea eforturilor de rupere prin cercul lui Mohr.

Rezistența la forfecare a rocilor necoezive se determină în laborator prin trei metode: tăiere directă, rupere prin compresiune după o singură direcție și rupere prin compresiune după trei direcții.

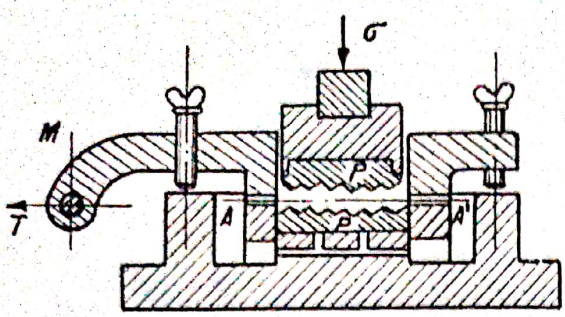


Fig. 41. Aparat de forfecare.

a) *Metoda tăierii* directe constă în introducerea unei probe de rocă într-o casetă compusă din două piese, cea superioară putîndu-se deplasa după un plan de separație orizontală ce trece prin mijlocul probei (fig. 41). Sub efortul vertical σ, normal pe planul de separație, pe piesa superioară a casetei se aplică o forță orizontală crescîndă pînă la ruperea probei. Raportînd forța orizontală de rupere la secțiunea probei, se obține rezistența de rupere τ, corespunzătoare efortului σ aplicat : $\tau=\frac{F}{S}$, deci un punct al dreptei lui Coulomb. Operația se mai repetă încă de două ori, cu alte probe din același material, însă cu valori diferite ale lui σ. Pe graficul din figura 36 se obțin astfel trei puncte, din unirea cărora rezultă o dreaptă caracteristică a rocii analizate. Dreapta este înclinată față de orizontală cu un unghi egal cu unghiul de frecare interioară φ, iar ordonata la origine corespunde coeziunii *c*.

Alt aparat de forfecare este schițat în figura 42. La acesta se deplasează caseta inferioară, iar cea superioară este pusă în legătură cu un inel dinamometric orizontal, ale cărui deformații indică forța de rupere.

Metoda de tăiere directă are dezavantajul că nu dă rezultate precise, deoarece secțiunea probelor se modifică simțitor în timpul deplasării casetelor.

b) *Metoda de rupere prin compresiune după o singură direcție* utilizează probe cilindrice, netulburate. Acestea sînt supuse eforturilor verticale σ_1 și au deformațiile laterale libere. Ruperea probelor are loc după plane înclinate față de planul principal de efort maxim cu $45°+\frac{\varphi}{2}$ unghi care poate fi măsurat pe probă. Cunoscînd acest unghi, se poate plasa pe cercul lui Mohr care trece prin origine punctul *T* de tangență cu dreapta caracteristică. Ducînd prin *T* tangenta la cerc, aceasta este înclinată față de orizontală cu un unghi de frecare interioară și reprezintă dreapta caracteristică.

Determinarea rezistenței de rupere prin compresiune după o singură direcție dă și ea rezultate aproximative, deoarece planul de rupere din cauza neomogenității rocilor nu este înclinat întotdeauna față de orizontală cu unghiul de $45°+\frac{\varphi}{2}$.

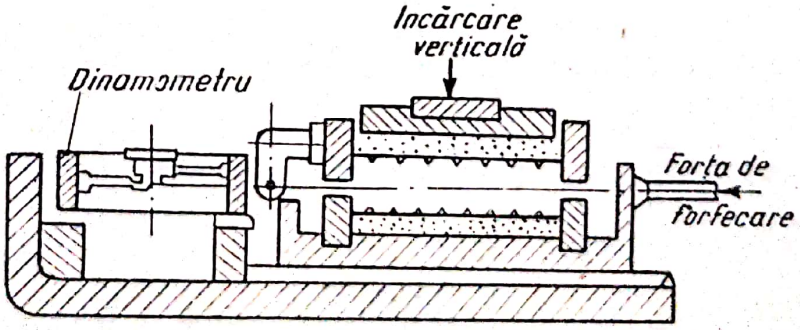


Fig. 42. Aparat de forfecare cu deformații constante.

Scanned with OKEN Scanner

Ruperea la compresiune după trei direcții se realizează cu aparatul din figura 43. Proba de rocă, în formă cilindrică și îmbrăcată într-o cămașă de cauciuc subțire (0,1—0,2 mm), este introdusă în celula de sticlă a aparatului. Cu ajutorul apei, introdusă în celulă, se realizează o presiune uniformă pe toată suprafața probei, iar prin intermediul pistonului se transmite încărcarea verticală pînă la ruperea probei.

În cazul compresiunii triaxiale, efortul vertical de rupere σ_1 este efortul principal maxim, iar cel orizontal dat de presiunea apei σ_2 este efortul principal minim.

Cunoscînd valorile celor două eforturi σ_1 și σ_2 la rupere pentru diferite presiuni ale apei, se pot construi cercurile lui Mohr. Dreapta caracteristică a rocii înfășură toate cercurile. Înclinarea dreptei caracteristice față de axa absciselor, unghiul φ, reprezintă unghiul de frecare interioară a rocii respective.

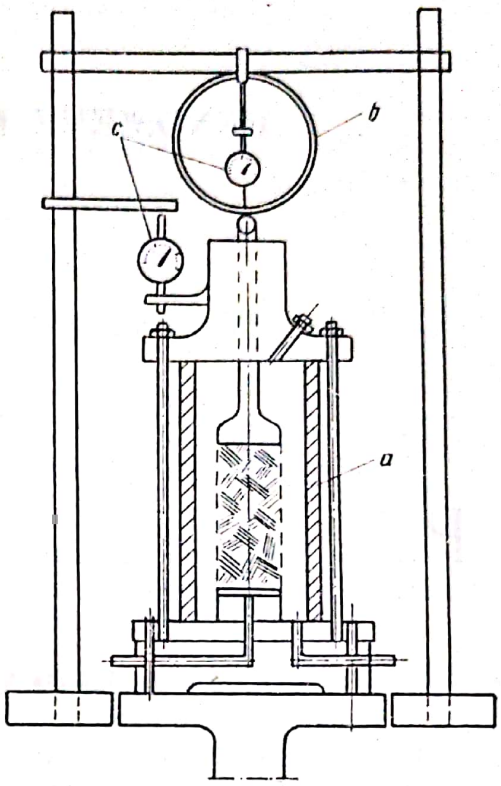


Fig. 43. Schița aparatului triaxial:
a — celula de sticlă cu proba; *b* — inel dinamometric; *c* — microcomparator.

FENOMENE FIZICO-GEOLOGICE

Printre fenomenele fizico-geologice care modifică simțitor relieful se numără deplasările de teren și fenomenele carstice.

A. DEPLASĂRI DE TEREN

Prin deplasări de teren se înțeleg deplasările care se produc pe versanți, în general de la o poziție superioară la alta inferioară, datorită gravitației.

In general, pe versanți se produc două feluri de deplasări.

— Deplasări lente, datorită greutății materialului, atunci cînd condițiile de echilibru sînt distruse, sau datorită fenomenului de îngheț și dezgheț, precipitațiilor atmosferice etc.

— Deplasări brusce, catastrofale, care distrug versanții și construcțiile.

1. CAUZELE DEPLASĂRILOR DE TEREN

Pentru prevenirea și combaterea deplasărilor de teren este necesar să se cunoască cauzele și condițiile în care iau naștere aceste fenomene. Numai măsurile îndreptate împotriva cauzelor, și nu a efectelor lor, pot duce cu timpul la stabilizarea deplasărilor declanșate și la prevenirea altora noi.

Din punctul de vedere al originii, cauzele care produc deplasările de teren pot fi separate în două grupe : cauze naturale și cauze artificiale.

a. Cauze naturale

1) **Gravitația.** Considerînd o masă m_2 pe suprafața pămîntului, constatăm că aceasta se găsește sub acțiunea forței de atracție newtoniană

$$F = K\frac{m_1 m_2}{d^2},$$

unde m_1 este masa pămîntului dirijată aproximativ spre centrul pămîntului și forța centrifugă

$$C = mR\,\omega,$$

provenită din rotația pămîntului în jurul axei sale.

Din interacțiunea acestor două forțe rezultă forța gravitației G, a cărei valoare oscilează în funcție de poziția masei m pe meridian. Dacă masa m se deplasează spre nord, raza R și deci C descresc; dacă deplasarea se face spre sud, crește raza R și forța centrifugă C, iar forța de atracție F scade (fig. 44).

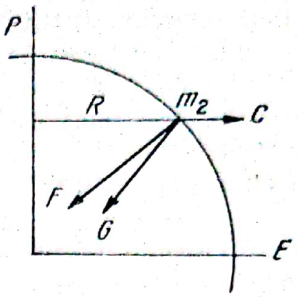


Fig. 44. Acțiunea gravitației și a forței centrifuge.

Forța gravitației este deci forța care tinde să atragă toate corpurile de la exterior spre centrul pămîntului, în sens aproape vertical. Forța gravitației este forța motrice naturală care intervine direct în declanșarea deplasărilor de teren.

Influența gravitației este în funcție de masa rocilor m

$$m = v\delta \quad (\delta = \text{densitatea medie}),$$

cu cît densitatea rocilor și volumul lor vor avea valori mai mari, cu atît și influența gravității va fi mai mare, și invers.

Acțiunea gravitației este influențată de înclinarea pantei versanților și de natura lor mineralogică. Versanții alcătuiți din alternanțe de roci dure și roci moi, cu valori ale înclinării spre exteriorul versanților, pot fi puși în mișcare mai ușor decît în cazul cînd aceștia sînt alcătuiți din roci dure, dispuse în strate ușor înclinate spre interiorul versanților.

2) **Caracterele petrografice și fizice ale rocilor.** In grupa caracterelor petrografice și fizice ale rocilor sînt cuprinse natura petrografică, greutatea specifică și greutatea volumetrică, coeziunea, frecarea interioară, structura, permeabilitatea etc.

a) *Natura petrografică*: din punctul de vedere al deplasărilor de teren, natura petrografică a rocilor interesează în mod deosebit, deoarece în funcție de aceasta rocile se comportă diferit față de agenții modificatori ai reliefului.

Este știut că rocile sedimentare detritice, pseudocoezive, cum sînt argilele, marnele, alternanțele de marne sau argile cu gresii, calcare etc., dau naștere prin îmbibare cu apă la tot felul de deplasări de teren, datorită propretăților pelitelor, și mai ales comportării la umiditate și îngheț.

Gresiile și conglomeratele formează la baza pantelor grohotișuri cu elemente rotunjite, în timp ce nisipurile, pietrișurile formează năruiri de pantă;

— masivele de calcare se transformă prin dezagregare, datorită mai mult variațiilor de temperatură, în importante mase de grohotișuri cu elementele colțuroase, dispuse sub formă de draperii sau conuri de grohotișuri;

— rocile magmatice și rocile cristalofiliene se dezagregă sub formă de blocuri, cu muchiile rotunjite sau colțuroase, care prin chemare gravitațională se dispun și ele la baza pantelor în moduri diferite.

b) *Greutatea specifică* γ și greutatea volumetrică γ_a intervin în producerea deplasărilor. Rocile compacte, cum sînt rocile eruptive, metamorfice, precum și unele roci sedimentare cu porozitatea redusă, au greutatea speci-

fică aproape egală cu greutatea volumetrică ; din această cauză, forța gravitației acționează mai puternic, aducînd fragmentele de rocă la nivele din ce în ce mai inferioare. Dacă rocile sînt poroase, iar porii sînt umpluți cu aer, nu cu apă, căci în cazul acesta gravitația lucrează tot atît de intens ca în primul caz, influența gravitației este mai mică, aerul din goluri preluînd o parte din greutatea rocilor.

c) *Coeziunea* este proprietatea pe care o au rocile de a-și ține elementele componente legate prin forțe de atracție moleculară. Forța de coeziune depinde de mărimea suprafeței de contact dintre granule. Rocile alcătuite din granule mici au coeziune mai mare, deoarece punctele de contact dintre granule sînt mai numeroase ; rocile cu elemente componente mari au forța de coeziune mai mică, punctele de contact dintre granule fiind mai rare.

Forța de coeziune este în funcție directă și de presiunea pe care o suportă rocile. Valoarea ei, măsurată în kgf/cm^2, crește cu presiunea și deci cu adîncimea. Prin presiune, porozitatea pămînturile scade, o parte din apă este îndepărtată și între particule iau naștere forțe de atracție moleculară.

Forța de coeziune intervine în mărirea stabilității versanților, adăugîndu-se altor forțe care se opun deplasărilor de teren.

d) *Frecarea interioară* se exercită reciproc între particulele componente ale rocilor în momentul deplasării. Forța de frecare se determină în laborator și se exprimă prin unghiul φ. Frecarea interioară depinde de mai mulți factori :

— Forma și dimensiunea granulelor componente ; cu cît particulele sînt mai mari și neregulate, cu atît și frecarea este mai mare. În general, granulele de formă rotundă au o frecare mică.

— Umiditatea influențează frecarea interioară, în funcție de mărimea și natura particulelor. Rocile necoezive cu bobul mare, pietrișurile și nisipurile grosiere au o frecare interioară mare, care nu se schimbă sub acțiunea apei.

Rocile pseudocoezive, cum sînt argilele, prin îmbibare cu apă se umflă, particulele se îndepărtează una de alta, frecarea interioară scade, înlesnind deplasarea.

— Omogenitatea structurii terenului ; frecarea depinde de modul cum sînt repartizate componentele în masa rocilor, numărul și mărimea golurilor. Frecarea este invers proporțională cu porozitatea.

— Gradul de îndesare a rocilor ; frecarea crește în rocile tasate și scade în cele afînate. De obicei, frecarea crește cu adîncimea, întrucît rocile sînt tasate sub sarcina geologică.

— Presiunea exterioară ; frecarea crește direct proporțional cu presiunea exercitată.

În consecință, frecare este forța care se opune deplasărilor de teren. Din această cauză, frecarea are importanță deosebită în stabilitatea versanților. Rocile cu particule au dimensiuni mari, deși au coeziune mică, sînt mai stabile datorită frecării interioare, mare.

e) *Structura rocilor* influențează în mare măsură deplasările de teren.

— Structura granulară, caracteristică pentru pietrișuri și nisipuri, dă rocilor stabilitate mare, datorită forței de frecare dintre particule, care ia naștere în timpul deplasării rocilor.

Scanned with OKEN Scanner

— Structura celulară, întîlnită la loessuri, prin faptul că granulele nu sînt legate direct, are unghiul de frecare mic și din această cauză rocile cu asemenea structură se deformează ușor.

— Structura floculară sau în fulgi, întîlnită la argile, seamănă cu cea celulară, însă se deosebește prin golurile care la argile sînt mici. Din cauza legăturilor slabe și a unghiului de frecare foarte mic, rocile cu această structură se deformează foarte ușor.

— Structura afînată este caracteristică pentru pămînturi cu intercalații organice. Granulele sînt complet libere, lăsînd goluri mari. Asemenea terenuri, prin deplasarea particulelor pe direcția de minimă rezistență, se deformează ușor.

Defloculareа este fenomenul de trecere de la o structură floculară la o structură mai compactă.

Sub acțiunea forțelor electrochimice, suspensiile coloidale se precipită și cad la fund, unde stau în echilibru prin rezemare una de alta. Dacă se micșorează forțele electro-chimice, echilibrul flocular se strică, particulele se desprind și se îndesă una în alta, producîndu-se defloculare, iar structura devenind mai compactă.

Tixotropia se întîlnește la argilele ale căror particule au pierdut în bună parte potențialul electric, iar legăturile electrochimice sînt slabe. Prin acest fenomen, argilele pe cale de solidificare pot fi aduse în stare lichid-vîscoasă, dacă sînt scuturate sau lovite. Floculele se desfac în particulele ce le compun, care plutesc în apa din goluri, amestecul avînd proprietățile unui lichid. Dacă încetează vibrațiile, materialul revine la structura inițială, căpătînd aspectul solid.

Tixotropia este un fenomen foarte important în producerea deplasărilor de teren, deoarece argilele, cu un conținut ridicat de apă, precum și nisipurile cu un conținut mic de argilă, prin vibrațiile produse de cutremure, devin lichid-vîscoase, favorizînd alunecări de proporții uriașe.

f) *Porozitatea* influențează mult stabilitatea versanților, deoarece micșorează frecarea interioară și înlesnește pătrunderea apei în roci.

g) *Compoziția chimică* a rocilor și capacitatea lor de adsorbție. După cum s-a mai arătat, particulele solide ale rocilor au la suprafața lor ioni liberi de natură diferită, K, Na, Ca, Li etc., în funcție de procesele fizice și chimice suferite de roci în timpul și după formarea lor. Ionii aceștia conferă particulelor solide proprietatea de a lega în jurul lor molecule de apă sub forma unui film de apă. Cantitatea de apă pe care o poate capta o particulă depinde de natura (ionii de Li, adsorb mai multă apă decît cei de Na, K, Ca etc.), numărul, mărimea și stabilitatea ionilor în rețeaua atomică a particulei.

Capacitatea de adsorbție a rocilor interesează în deplasările de teren, deoarece umezirea schimbă proprietățile fizice ale rocilor. Terenurile nisipoase puțin umezite capătă o coeziune aparentă, iar argilele își schimbă consistența, devin plastice și se pun în mișcare. Viteza de deplasare a alunecărilor crește cu conținutul în apă.

h) *Permeabilitatea rocilor*. Stabilitatea versanților este în funcție și de permeabilitate, deoarece cu cît permeabilitatea rocilor este mai mare, cu atît stabilitatea versanților este și ea mai mare, avînd în vedere că terenurile permeabile nu-și reduc unghiul de frecare interioară.

Permeabilitatea terenurilor depinde, în primul rînd, de porozitatea rocilor, de legătura dintre pori și cantitatea de particule argiloase pe care rocile o pot avea. Argilele în contact cu apa se coagulează sub formă de flocoane, micșorînd foarte mult permeabilitatea rocilor. Este cunoscut faptul că o cantitate de 10% de particule argiloase în nisipuri reduce permeabilitatea acestora de aproape 4 ori.

Permeabilitatea mai este scăzută și de coloizii minerali și organici, care în contact cu apa se umflă și îngustează porii.

De asemenea, ionii unor săruri dizolvate în apă au influență asupra permeabilității; calciul mărește permeabilitatea rocilor, sodiul o micșorează.

3) **Acțiunea fizico-chimică și mecanică a apelor.** În porii rocilor, pe fisuri, crăpături, apa se poate întîlni ca apă legată chimic, apă legată fizic sau apă liberă.

Apa de precipitație și apa provenită din topirea zăpezilor, pătrunzînd în teren, se adună în porii rocilor și pe crăpăturile acestora. Se creează astfel o presiune hidrostatică, a cărei valoare depinde de înălțimea coloanei de apă acumulată, care se descarcă pe pereții golurilor, contribuind la micșorarea frecării interioare și la înrăutățirea stabilității versanților.

În timpul circulației apei prin roci, datorită presiunii hidrodinamice sînt antrenate particulele fine de nisip sau praf. Fenomenul se numește *sufoziune mecanică*. De pe urma lui rocile rămîn afînate, pretîndu-se la tasări, uneori destul de importante. Alteori, cînd nivelul apelor subterane variază brusc, fenomenul se accentuează, apa putînd antrena o mare cantitate de material, ducînd în felul acesta la înrăutățirea stabilității versanților, sau chiar la curgeri de terenuri.

Circulația apei încărcate cu diferite gaze, CO_2, O, acizi, SO_4H_2, HCl etc., prin porii rocilor, poate duce cu timpul la dizolvarea lianților solubili sau chiar a unor granule, slăbind legătura intergranulară. Se micșorează frecarea interioară și se produce subminarea rocilor pe calea chimică, denumită *sufoziune chimică*.

Variațiile de temperatură influențează negativ stabilitatea rocii. În timpul perioadelor secetoase, rocile dure lipsite de apă, supuse la variații de temperatură de 40—50°C, suferă dilatări și contractări însemnate. Rocile, fiind în majoritatea lor alcătuite din minerale cu coeficient de dilatare diferit, prin dilatări și contractări succesive se crapă. Toamna, porii și crăpăturile se umplu cu apă. Prin îngheț, în timpul iernii, se mărește volumul apei din fisuri. Gheața apasă asupra pereților golurilor, lărgind fisurile și crăpăturile vechi, sau creînd altele noi.

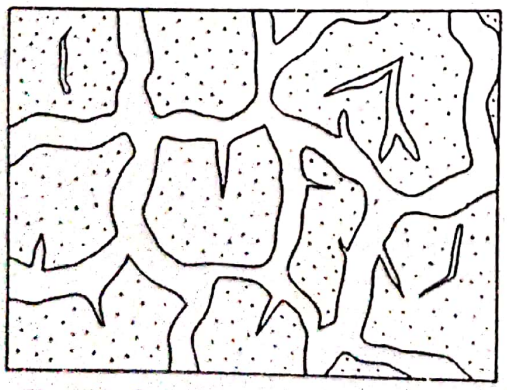


Fig. 45. Crăpături poligonale provenite prin uscarea argilelor.

Terenurile argiloase și argilo-nisipoase sub influența insolației își pierd apa și se usucă cu producerea de crăpături poligonale, neregulate (fig. 45).

Scanned with OKEN Scanner

La temperaturi scăzute rocile argiloase nu se crapă, ci se umflă datorită formării în interiorul lor a unor strate sau lentile de gheață. Prin topire, cantitatea de apă din stratele de la suprafață se mărește și favorizează apariția solifluxiunilor.

4) **Cutremurele de pămînt** produc în roci unde longitudinale și transversale, care se suprapun în venirea lor către suprafață, mărindu-și amplitudinea, ceea ce determină o forță mărită a acestor unde și masele de pămînt cu echilibrul instabil se prăbușesc sau alunecă.

5) **Abraziunea marină și eroziunea apelor curgătoare. Abraziunea marină** este acțiunea de distrugere a țărmului mării de către valuri.

Valurile mării reprezintă masa de apă antrenată de vînturi într-o mișcare ondulatorie. Ele se caracterizează prin : înălțime, lungime, viteză și direcție.

Înălțimea valurilor este distanța pe verticală între creasta și baza valurilor, depinzînd de puterea și durata vîntului.

Lungimea valurilor este distanța orizontală între două creste vecine.

Viteza valurilor depinde de puterea vîntului, înălțimea și lungimea valurilor.

Valurile acționează asupra țărmului prin izbire, fenomen din care rezultă eroziunea, și prin fărîmițarea, transportul și depunerea materialului erodat.

Puterea de roadere a valurilor la țărm depinde de înălțimea, viteza valurilor și direcția lor față de linia de țărm. Materialul rupt din țărm este fărîmițat în bună parte și ținut în suspensie, astfel că el exercită asupra țărmului și fundului mării o acțiune abrazivă, numită abraziune, prin izbire, roadere, zgîriere, polizare.

Materialul rupt din țărm este transportat de valuri, într-un sens sau altul, pînă la o distanță care este în funcție de viteza valurilor, dimensiunile blocurilor și înclinarea pantei.

Puterea de rupere a valurilor depinde și de natura petrografică a rocilor ce alcătuiesc țărmul, precum și de poziția stratelor. Rocile dure sînt erodate mai greu, din care cauză linia țărmului se păstrează timp îndelungat în aceeași poziție. Rocile moi se distrug ușor, cu formare de golfuri și promontorii. Cînd stratele înclină spre continent, valurile izbesc cu toată forța și abraziunea marină este maximă. Dacă stratele înclină spre mare, valurile înaintează mult spre țărm, își epuizează energia prin frecare și nu produc distrugeri însemnate.

Eroziunea apelor curgătoare. Apele de precipitație căzute pe pămînt urmează trei căi : o parte se evaporă din nou, o altă parte curge pe pămînt sub formă de torenți și rîuri și o alta, în cantitate foarte mică, se infiltrează în subsol, unde formează pînze acvifere.

Apele torențiale desprind și antrenează de pe versanții dealurilor particule din masa rocilor, producînd șanțuri, rîpe, văi. Fenomenul se numește eroziune torențială și se manifestă mai intens, cu cît panta și volumul apelor sînt mai mari. Ceea ce caracterizează eroziunea torențială este caracterul ei intermitent și viteza de roadere foarte mare, care se face cu ajutorul debitului solid ce depășește uneori pe cel lichid.

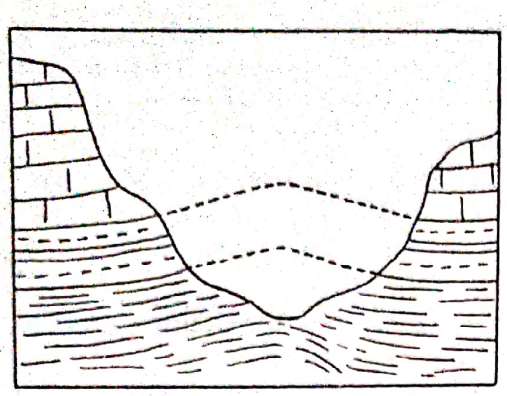


Fig. 46. Anticlinal de vale provenit prin descărcări naturale.

Apele rîurilor au caracter permanent. Ele nu curg paralel cu malurile, ci lovesc în malurile concave, îndepărtîndu-se de cele convexe. Lovind în partea concavă, apele rîurilor rod malurile în funcție de pantă, debitul lichid și solid. În felul acesta, echilibrul versanților este distrus, favorizînd apariția și dezvoltarea alunecărilor de teren.

6) **Descărcarea naturală.** În regiunile alcătuite din depozite mio-pliocene, reprezentate prin alternanțe de marne și argile cu calcare și gresii, dispuse orizontal, se poate întîmpla următorul fenomen: atît timp cît argilele îmbibate cu apă sînt sub presiunea stratelor de deasupra, ele își păstrează forma inițială și nu se deformează; dacă însă prin eroziune torențială sau fluvială se ajunge la argile, acestea, lipsite de greutatea pe care o suportau pînă atunci, încep să se umfle, luînd aspectul de anticlinal.

Fenomenul poate fi pus și pe seama consistenței argilelor. Așa cum a arătat geologul ceh Zaraba, argilele situate la baza versanților, sub greutatea sarcinei acestora, se deformează plastic, fug de sub versanți și se răsfring în afară, bombîndu-se ca un anticlinal (fig. 46).

În țara noastră, aceste fenomene au fost observate pentru prima dată de I. P. Voitești și apoi de V. Dragoș, pe valea Argeșului, în depozite miocene.

Fenomene asemănătoare au fost observate și în Anglia centrală, regiunea Northamton, în depozite jurasice. Acolo, jurasicul este alcătuit din calcare masive dispuse orizontal și cu argile la bază. În momentul cînd eroziunea a ajuns la argile, acestea, sub greutatea calcarelor de deasupra, au fugit de sub versanți, s-au acumulat în zona de minimă presiune, formînd un fel de anticlinal.

7) **Acțiunea organismelor.** Plantele și animalele acționează asupra rocilor în mod mecanic și chimic.

Mecanic, plantele acționează prin rădăcinile care se înfig și cresc pe crăpăturile rocilor. Prin dezvoltarea plantelor și deci și a rădăcinilor, fragmentele de roci se distanțează, iar dacă nu sînt detașate de masiv se despică. Fenomenul se poate observa îndeosebi în regiunile de munte, însă și în orașe, unde asfaltul nivelat inițial se prezintă ondulat în apropiere de tulpina pomilor, ale căror rădăcini au crescut ulterior, ridicînd trotuarul.

Animalele, îndeosebi cele care trăiesc în subteran, sapă în roci numeroase galerii. Prin acestea se întrerupe continuitatea rocilor și se slăbește stabilitatea versanților.

Chimic, plantele acționează prin acizii pe care-i dezvoltă la contactul rădăcinilor cu rocile. În plus, după moarte, resturile plantelor se transformă în humus, substanță coloidală care absoarbe săruri de K, P și distrug rocile prin eliminarea din acestea a oxizilor de aluminiu și fier.

Scanned with OKEN Scanner

Microorganismele, în timpul activității lor, degajă CO_2, NH_4 și acizi organici care distrug rocile.

b. Cauze artificiale

Prin cauzele artificiale ale deplasărilor de teren se înțeleg cauzele determinate de om, prin lucrări de construcții nestudiate din punct de vedere geologic și exploatări forestiere neraționale. În această grupă sînt cuprinse despăduririle, nerespectarea unghiului de taluz natural, suprancărcarea artificială, vibrațiile artificiale, modificarea pantei versanților și schimbarea regimului apelor.

1) **Despăduririle.** Este bine cunoscut faptul că vegetația arborescentă are influență pozitivă asupra stabilității terenurilor. Prin rădăcinile lor, arborii, în special cei cu rădăcini adînci, leagă solul de substrat și chiar de rocile din substrat, împiedicînd producerea deplasărilor de teren.

Pădurile uniformizează în timp temperatura solului, regimul precipitațiilor, scurgerea apelor superficiale.

Prin frunzele și crengile căzute și iarbă, vegetația micșorează variațiile de temperatură, acționează ca un strat termoregulator, reduce adîncimea de înghet și încetinește dezghețul. Iarna, terenul acoperit cu păduri îngheață pe adîncime mică și pentru o scurtă durată. Primăvara, zăpada se topește în timp mai îndelungat. Vara, vegetația arborescentă împiedică o parte din căldura solară să ajungă la sol.

În consecință, datorită pădurilor solul și subsolul regiunilor împădurite sînt supuse la contractări și dilatări mici, care nu au efecte dăunătoare prea mari asupra rocilor.

Pădurile joacă un rol important în repartizarea precipitațiilor și circulației apei în natură. Regiunile acoperite cu păduri primesc o cantitate de precipitații mai mare cu circa 10—14% decît suprafețele neîmpădurite. Cu toate acestea, eroziunea solului în regiunile împădurite este mult atenuată, datorită următorilor factori:

— cantitatea de apă căzută pe sol este mai mică, circa 30% din totalul precipitațiilor fiind reținută de coronamentul arborilor. Din această cantitate 15% se evaporă, iar restul de 15% cade pe sol în timp mai îndelungat;

— apa căzută pe sol se infiltrează mai greu în regiunile împădurite. Acestea sînt acoperite cu un strat gros de frunze, crengi, care se comportă ca un burete ce reține apa timp mai îndelungat;

— apa care pătrunde în sol este dată afară prin transpirație în cantitate de 5% din totalul infiltrațiilor, reducîndu-i umiditatea.

În felul acesta, pădurile micșorează infiltrațiile, împiedică apariția eroziunii și distrugerea versanților prin alunecare.

2) **Nerespectarea unghiului de taluz natural.** Unghiul de taluz natural este unghiul maxim de stabilitate pe care-l face planul orizontal cu suprafața înclinată a unei mase de pămînt sau roci așezată în grămadă. Mărimea unghiului de taluz natural este direct proporțională cu îndesarea pămîntului, dimensiunea granulelor și unghiul de frecare interioară; ea este invers proporțională cu greutatea volumetrică a pămîntului, presiunea pe

care o suportă, înălțimea taluzului și gradul de umiditate a materialului.

Stabilitatea taluzelor depinde de unghiul de taluz natural. Taluzele cu unghiul real mai mare decît cel natural nu durează și se prăbușesc.

3) **Supraîncărcarea.** Supraîncărcarea este operația prin care se mărește în mod artificial greutatea unei mase de pămînt prin amplasarea unor construcții, sau depozitarea diferitelor materiale de construcții. Construcțiile exercită o presiune în plus asupra rocilor, determinînd tasarea straturilor, refularea rocilor plastice de sub cele dure și chiar alunecarea terenurilor argiloase.

Tasarea terenurilor din cauza presiunilor prea mari se produce mai ales la culeele podurilor și viaductelor. Alunecări de teren datorită supraîncărcării au loc la căile ferate, în cazul cînd rambleele sînt prea înalte și așezate pe depozite argiloase.

Supraîncărcarea se poate produce și în mod natural, prin îmbibarea puternică a rocilor cu apă. In acest caz se produc alunecări de teren prin schimbarea consistenței argilelor.

4) **Vibrațiile artificiale.** Se produc datorită exploziilor efectuate cu ocazia diferitelor lucrări miniere în subteran sau la suprafață. De asemenea se produc vibrații (trepidații) datorită circulației rutiere sau feroviare.

Vibrațiile artificiale, ca și cele naturale, însă în măsură mai mică, au drept urmare deranjarea rocilor, scăderea stabilității versanților și apariția deplasărilor de teren.

Rocile nisipoase cu granulație fină îmbibate puternic cu apă devin, datorită trepidațiilor, curgătoare; depozitele loessoide se deformează, iar masivele stîncoase puternic fisurate se prăbușesc.

5) **Modificarea pantei versanților.** Săpăturile efectuate la piciorul versanților sînt însoțite de scăderea nivelului apelor subterane și creșterea pantei. In timpul ploilor torențiale, rocile se îmbibă puternic cu apă, versanții devin instabili și alunecă.

6) **Schimbarea regimului apelor.** Construcțiile greșite de poduri, diguri, irigații pot schimba regimul apelor curgătoare și subterane. Din această cauză se produce eroziunea malurilor, deformarea albiilor rîurilor, descălțarea culeelor și spălarea terasamentelor și chiar alunecarea terenurilor.

Din cele expuse mai sus reiese că apa este factorul hotărîtor care contribuie la apariția și dezvoltarea alunecărilor de teren. Stabilitatea terenurilor depinde în ultima instanță de condițiile climatice.

Astfel, în timpul verilor și toamnelor uscate, terenurile au stabilitatea cea mai mare, deoarece precipitațiile fiind puține, nivelul apelor subterane scade, iar rocile se compactează. Iarna, de asemenea, terenurile au stabilitate mare, pentru că apele de la suprafață îngheață, iar cele subterane au debit mic.

Anotimpul cel mai prielnic deplasărilor de teren este primăvara, cînd cad precipitații abundente, cu durată și intensitate mare, la care se mai adaugă apa provenită din topirea zăpezilor. Rocile se îmbibă puternic cu apă pe adîncime mare, depozitele argiloase își schimbă consistența, iar versanții instabili încep să se miște.

Tot atît de favorabilă deplasărilor de teren este și toamna ploioasă, după o vară secetoasă. In timpul verii, rocile își pierd apa pe adîncime

mare, terenurile argiloase se crapă. Toamna, datorită precipitațiilor abundente, în prima fază se îmbibă cu apă numai rocile de la suprafață, care alunecă foarte ușor pe substratul solid încă uscat.

2. STUDIUL DEPLASĂRILOR DE TEREN

Pentru a putea recomanda măsurile necesare de prevenire a deplasărilor de teren și de combatere a celor deplasate, este necesar să se facă mai întîi un studiu amănunțit asupra regiunilor predispuse la asemenea fenomene. Studiul deplasărilor de teren comportă lucrări de prospectare și explorare, care se completează prin analize de laborator.

a) *Faza de prospectare.* In faza de prospectare se cercetează morfologia, geologia, hidrogeologia și seismicitatea regiunii.

— *Studiul morfologic* cuprinde analiza amănunțită a reliefului în raport cu structura geologică a regiunii. Dacă se cunoaște natura geologică a versanților, înclinarea stratelor și înclinarea pantelor se poate aprecia stabilitatea terenurilor.

Dacă versantul este înalt și alcătuit din roci compacte cu înclinare spre interior sînt posibile numai prăbușiri de blocuri.

Cînd versantul este alcătuit din roci compacte, stratificate cu cădere spre exterior, sînt posibile detașări de stînci și alunecări.

In cazul cînd versantul este alcătuit din material detritic amestecat cu material fin, aprecierea stabilității lui se face în funcție de natura materialului mărunt și înclinarea pantei. Dacă versantul este abrupt și materialul mărunt este argilos, în timpul ploilor abundente și prelungite au loc sigur deplasări de teren.

In general, versanții abrupți și neîmpăduriți dau naștere la prăbușiri de stînci ; versanții cu pante domoale, sub 30° înclinare, sînt predispuși la alunecări de teren.

— *Studiul geologic* urmărește determinarea naturii petrografice a rocilor, vîrsta și structura lor geologică, precum și tectonica. Atenția este îndreptată spre rocile alterate și depozitele superficiale.

Natura petrografică a rocilor interesează în mod deosebit, deoarece versanții alcătuiți din alternanțe de roci dure (conglomerate, gresii, calcare), cu roci moi (marne, argile), sînt predispuși la alunecări.

Rocile magmatice, șisturile cristaline mezocatazonale, precum și rocile sedimentare dure, calcare, gresii dau naștere la prăbușiri de stînci, cu formare de grohotiș.

Vîrsta formațiunilor geologice dă indicații prețioase asupra stabilității versanților. Versanții alcătuiți din depozite mesozoice, calcare, gresii sînt în general mai stabili. Deplasările de teren se rezumă numai la prăbușiri de stînci pe pantele abrupte și în văile adînci. In schimb, versanții alcătuiți din depozite terțiare sînt afectați deseori de alunecări de teren. Cel mai bun exemplu îl constituie zona flișului din Alpi și Carpați, care este afectată pe suprafețe întinse de alunecări de teren.

Structura geologică a regiunii interesează de asemenea deplasările de teren. De raporturile care există între înclinarea stratelor, fisurile rocilor și înclinarea pantelor depinde stabilitatea versanților.

Scanned with OKEN Scanner

— *Studiul hidrogeologic* al regiunii constituie o preocupare importantă. Acesta are în vedere izvoarele de coastă, care pot pierde apa și înmuia rocile argiloase din subsol, apele care curg intermitent după ploi torențiale prin roci poroase și curenții de apă subterană, care la limita dintre rocile impermeabile și rocile poroase pot schimba consistența argilelor provocînd alunecări.

— *Studiul seismic*. Se notează frecvența și intensitatea cutremurelor, precum și intensitatea circulației rutiere și feroviare care produc trepidații.

Dacă în regiune există deplasări de teren, se face apel la prospecțiunile geofizice, care dau indicații precise asupra structurii și naturii masei deplasate, suprafețelor de desprindere, dimensiunilor și formei deplasărilor, precum și asupra locurilor cu umiditate maximă.

Observațiile făcute în faza de prospectare se consemnează în culori cu semne convenționale pe hărți topografice la scara 1 : 2 000—1 : 20 000 și se obține harta geologică — inginerească.

Studiul deplasărilor de teren trebuie făcut foarte amănunțit. Acesta trebuie să cuprindă corpul alunecării și regiunile vecine, hidrogeologia alunecării și a porțiunilor învecinate, direcția de alunecare.

Studiul corpului alunecării se referă la forma și dimensiunile masei deplasate, caracterul suprafeței de desprindere și forma suprafeței de alunecare, structura masei alunecate, forma treptelor de alunecare etc.

Studiul hidrogeologic are în vedere porțiunile cu multă umiditate, băltițile apărute în urma alunecării, coeficientul de permeabilitate al rocilor, direcția de curgere a apelor subterane.

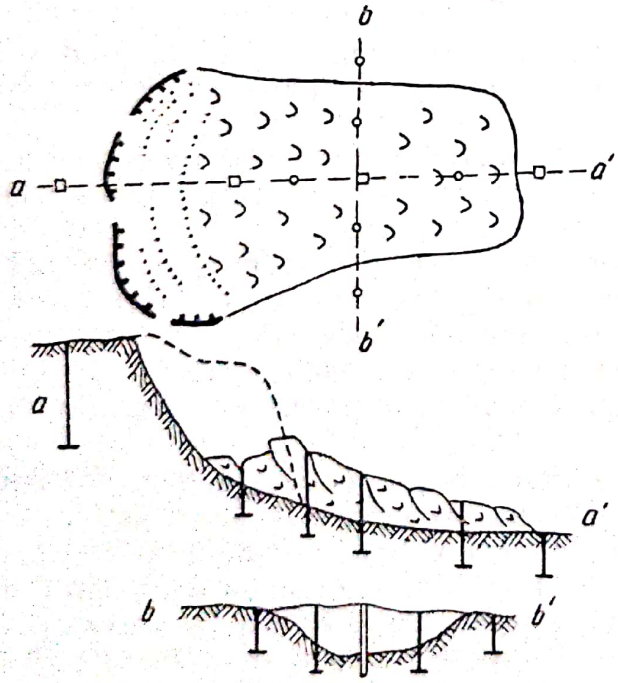


Fig. 47. Amplasarea lucrărilor de explorare în cazul unei alunecări:
a—a' — longitudinal și *b—b'* transversal pe alunecare; □ — puțuri; ○ — foraje.

b) *Faza de explorare*. Prospecțiunile geomorfologice, geologice, hidrogeologice etc. se completează prin lucrări de explorare, galerii, puțuri, foraje. Cele mai indicate lucrări sînt galeriile și puțurile, deoarece oferă posibilitatea unei cercetări mai precise și amănunțite. În cazul cînd nu se pot efectua aceste lucrări, se execută foraje.

Lucrările de explorare se amplasează atît pe terenul alunecat cît și pe cel nederanjat (fig. 47), în așa fel ca pe baza lor să se poată întocmi secțiuni geologice longitudinale și transversale pe direcția mișcării masei alunecătoare, din care să reiasă caracterele petrografice ale rocilor alunecătoare, forma și poziția suprafeței de alunecare.

Scanned with OKEN Scanner

c) *Lucrări de laborator.* Lucrările de laborator constau în determinarea proprietăților fizice și mecanice ale rocilor.

Dintre constantele fizice se determină: granulometria, porozitatea și, legat cu aceasta, permeabilitatea rocilor, limitele de plasticitate. De asemenea se determină coeziunea rocilor și unghiul de frecare interioară, factori care contribuie la menținerea stabilității versanților.

Dintre proprietățile mecanice interesează rezistența la întindere, compresiune și forfecare, factori de care depinde stabilitatea versanților.

3. CLASIFICAREA DEPLASĂRILOR DE TEREN

Pentru clasificarea deplasărilor de teren se iau în considerație mai mulți factori. Printre aceștia sînt de reținut următorii: natura petrografică a terenurilor; timpul, durata și modul de manifestare a deplasărilor; structura geologică; hidrogeologia și morfologia regiunii; coeziunea rocilor, coeficientul de frecare interioară și capacitatea portantă a terenurilor; dimensiunile masei alunecătoare; felul suprafeței de alunecare și viteza de mișcare a materialului; conținutul de apă al rocilor; cauzele deplasărilor de teren; măsurile de prevenire și combatere a deplasărilor.

Dată fiind diversitatea factorilor care pregătesc și declanșează deplasările de teren, pînă în prezent nu există o clasificare a acestor fenomene, unanim recunoscută. Greutatea stabilirii unei astfel de clasificări constă în faptul că nu există criterii unice pe baza cărora să se dea o clasificare generală, factorii care concură la pregătirea și declanșarea deplasărilor fiind numeroși și variați de la o regiune la alta.

După raporturile dintre masa alunecată, suprafața de alunecare și structura geologică a regiunii se deosebesc trei categorii de alunecări:

— *alunecări asecvente,* care se produc în roci nestratificate pe suprafețe curbe, aproape cilindrice;

— *alunecări consecvente,* care se produc în roci stratificate pe suprafețe preexistente, care pot fi: plane de stratificație, plane de șistozitate, fisuri și crăpături, toate cu înclinare mare și înspre exteriorul versanților;

— *alunecări insecvente,* care se produc în roci stratificate pe suprafețe de alunecare, care intersectează stratele sub un unghi oarecare sau chiar în sens opus înclinării stratelor.

După locul unde apare suprafața de desprindere și modul de manifestare a masei alunecătoare se deosebesc:

— *alunecări deplasive (glisante),* care încep la piciorul pantei și se dezvoltă în sens progresiv;

— *alunecări detrusive (impingătoare),* care încep de la partea superioară a versantului și sînt împinse în jos;

— *alunecări mixte,* care au caractere comune, deplasive și detrisive.

După mediul geologic în care se produc, modul lor de manifestare și caracterul măsurilor de combatere, deplasările de teren se împart astfel:

Scanned with OKEN Scanner

Deplasări subaeriene

1) Prăbuşiri
   - — Roci compacte - grohotişuri
   - — Roci neconsolidate - năruiri de pantă

2) Nisipuri curgătoare

3) Deplasări lente
   - — Încovoierea capetelor de strate
   - — Solifluxiuni

4) Alunecări
   - — Alunecări în formaţiuni superficiale (alunecări plastice)
     - — areale (de suprafaţă)
     - — liniare (curgătoare)
   - — Alunecări în formaţiuni de bază
     - — roci nestratificate
       - — Alunecări asecvente (suprafeţe cilindrice) — deplasive, — detrusive, — mixte
     - — roci stratificate
       - — consecvente (suprafeţe de strate) tectonice — deplasive, — detrusive, — mixte
       - — insecvente (suprafeţe neregulate)
       - — sufozionare

Deplasări submarine
Deplasări tectonice (pînze de alunecare)

In cele ce urmează se va face descrierea deplasărilor de teren, după clasificarea întocmită de V. Dragoş.

a. Deplasări subaeriene

In grupa deplasărilor subaeriene sînt incluse toate deplasările de teren care se desfăşoară în mediul continental.

1) **Prăbuşiri.** Sub această denumire se înţeleg căderile brusce ale blocurilor de diferite dimensiuni, slăbite şi dezlipite de pe pereţii abrupţi, alcătuiţi din roci compacte tari şi semitari. Ceea ce caracterizează prăbuşirile este faptul că după desprindere fragmentele de roci cad liber, nu se deplasează pe o suprafaţă de alunecare, iar apa nu intervine decît pentru mărirea greutăţii fiecărui fragment.

Scanned with OKEN Scanner

La pregătirea prăbușirilor de stînci intervin :
— agenții atmosferici (variațiile de temperatură, înghețul și dezgheț), în urma cărora crăpăturile în roci se lărgesc și se creează altele noi ;
— presiunea hidrostatică, creată prin acumularea apei pe crăpături ;
— greutatea volumetrică a terenurilor ;
— presiunea exercitată de rădăcinile arborilor.

Impulsul deplasării este dat de spălarea sau săparea artificială a versanților, cutremure de pămînt și, mai rar, de către trăznete.

In grupa prăbușirilor intră : conurile și draperiile de grohotiș și năruirile de pantă.

Grohotișurile se formează pe versanții abrupți ai munților alcătuiți din roci dure, cum ar fi calcarele de Stramberg, gresiile cuarțitice, rocile eruptive și metamorfice. Sub acțiunea factorilor citați mai sus, rocile se despart în blocuri colțuroase, de mărimi diferite, de ordinul decimetrilor și chiar al metrilor cubi. Materialul detașat se acumulează la baza pantei sub formă de conuri și draperii de grohotiș.

Conurile de grohotiș sînt acumulări de grohotișuri în formă de trunchi de con, dispus cu vîrful în sus. Din vîrful conului materialul se răspîndește divergent ; blocurile mai mari se dispun la baza conului, iar cele mai mici către vîrful acestuia.

Inclinarea conurilor de grohotiș depinde de forma și rugozitatea blocurilor, precum și de natura petrografică a blocurilor și unghiul lor de taluz natural. Blocurile mai mici și cu muchiile rotunjite dau o înclinare mai mică, iar cele mari și colțuroase dau o înclinare mai mare. In orice caz, înclinarea maximă a conurilor de grohotiș nu depășește 45°.

Draperiile de grohotișuri sînt acumulări de material sprijinite de peretele stîncos, dînd aspectul de contraforturi.

Repartizarea blocurilor și înclinarea contraforturilor este identică cu aceea la conurile de grohotiș.

Conurile și draperiile de grohotiș prezintă interes practic, întrucît ele constituie o piedică serioasă la trasarea căilor de comunicație, drumuri, căi ferate, asigurarea taluzelor acestora fiind o operație greu de realizat. De asemenea, căderea blocurilor de stînci care se produce la intervale neregulate și în special primăvara, după topirea zăpezilor, amenință siguranța transporturilor, producînd pagube importante.

Prăbușiri de stînci importante se citează în Alpi, Carpați, Himalaia și Anzi.

In munții Alpi, cea mai mare prăbușire de stînci s-a produs în anul 1881, lîngă localitatea Elm-Elveția. Ea a fost descrisă de martori oculari și studiată de A. Heim. Masa de stînci prăbușită, evaluată de 10 mil m^3, a acoperit o suprafață de 90 ha, formînd prin acumulare o pătură groasă de blocuri, de 10—20 m. Viteza de prăbușire a fost atît de mare, încît bucățile de stînci au fost proiectate pe distanțe de 1 500 m în lungul văii. In această catastrofă au pierit 115 oameni și au fost distruse 83 de case.

Cauzele care au pregătit această prăbușire sînt numeroase. In primul rînd, agenții atmosferici, prin variații mari de temperatură, îngheț și dezgheț repetat, au produs fisurarea puternică a rocilor. Precipitațiile atmos-

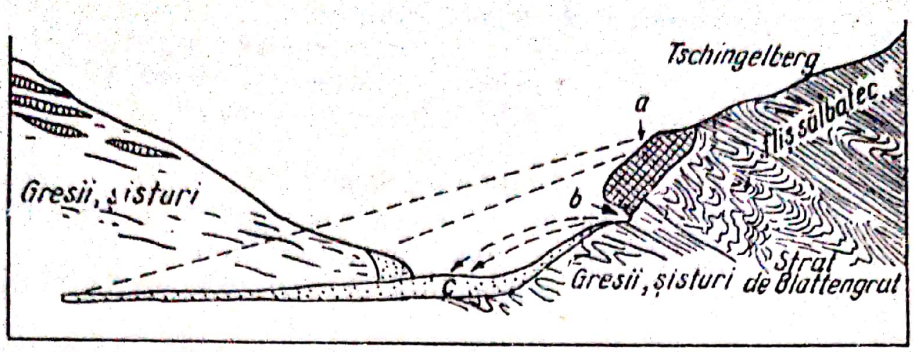


Fig. 48. Prăbușirea de stînci de la Elm-Elveția (după A. Heim).

ferice au săpat în roci în așa fel, încît s-a creat un versant abrupt, cu o înclinare de 70°.

Impulsul prăbușirilor a fost dat de săpăturile neraționale, într-o carieră situată la baza versantului nordic al muntelui Tschingel (fig. 48).

În munții Crimeea și Caucaz se citează două prăbușiri de stînci, una în secolul al XVIII-lea pe coasta de sud a Crimeei, lîngă satul Cuciuk-Koi, care a distrus numeroase case prin strivire sau prin proiectare în mare, și alta în anul 1898, pe valea rîului Kodar, lîngă Suhumi, unde acumularea stîncilor prăbușite a format un baraj înalt de 150 m.

În munții Himalaia s-a produs în anul 1893 o prăbușire pe valea superioară a Gangelui, în spatele căreia s-a format un lac de acumulare, lung de 7 km. După un an, în 1894, barajul a fost rupt, producîndu-se inundații catastrofale pe toată valea Gangelui.

Cea mai mare prăbușire de teren cunoscută s-a produs în anul 1911, în munții Pamir, pe valea rîului Bartang, lîngă satul Serez. Masa de stînci prăbușită a fost evaluată la circa 7 mil m^3, ceea ce a determinat bararea văii, cu formarea unui lac de acumulare de 80 km. Acest lac există și astăzi, întrucît apa rîului nu a reușit să erăstruiască încă barajul.

La noi în țară se întîlnesc prăbușiri de stînci în toate masivele muntoase, alcătuite din roci eruptive, metamorfice (Retezat și Făgăraș), sau roci sedimentare tari și semitari (Piatra Craiului, Bucegi, Hăgimaș și Bihor — Pădurea Craiului). Prăbușirile se manifestă prin căderea blocurilor de diferite mărimi și acumularea lor la baza pantei versanților, sub formă de conuri și draperii de grohotiș. Unele din cele mai importante acumulări de grohotiș se găsesc pe versantul apusean al Pietrei Craiului, în regiunea Horjul Mare sau Marele Grohotiș.

Năruirile de pantă sînt deplasările repezi ale blocurilor desprinse din versanții formați din roci neconsolidate, de obicei blocuri de origine și mărimi diferite, în golurile cărora se găsește material mai fin, nisipuri și chiar argile. În timpul ploilor abundente, apa pătrunde repede în asemenea depozite și îmbibă puternic materialul fin, care constituie un bun lubrifiant ce favorizează alunecările în masă.

2) **Nisipuri curgătoare.** Prin nisipuri curgătoare se înțelege mișcarea maselor de nisip sub influența unui curent de apă. Curgerea se face sub acțiunea forței hidrodinamice a apei care trece prin nisipuri sau datorită surplusului de apă.

Antrenarea nisipurilor are loc atunci cînd forța hidrodinamică a apei depășește greutatea sub apă a granulelor de nisip.

După natura nisipurilor se deosebesc două feluri de nisipuri curgătoare:

— nisipuri curgătoare temporare, care se numesc astfel, deoarece curgerea lor se oprește cînd încetează forța hidrodinamică. Fenomenul apare acolo unde nisipurile sînt cuprinse între două strate impermeabile de marne sau argile. Apa, neputînd filtra prin asemenea roci, se menține în nisipuri și exercită asupra granulelor lor o forță care le pune în mișcare.

— nisipuri curgătoare continui sînt nisipurile care se deplasează în mod continuu, indiferent de forța hidrodinamică. Fenomenul se întîlnește numai la nisipurile fine, care au în compoziția lor un procent ridicat de material argilos. La trecerea curentului de apă prin asemenea nisipuri, particulele fine de argile devin coloidale, fenomen pus în evidență prin tulbureala apei. Prin asemenea nisipuri apa se scurge încet și antrenează o dată cu particulele coloidale și granulele de nisip.

Nisipurile curgătoare apar la săparea debleelor pentru căi de comunicație sau pe versanți, în cazul cînd eroziunea a tăiat stratele acvifere nisipoase, cuprinse între roci impermeabile. De asemenea, nisipurile curgătoare mai apar în gropile de fundații plasate sub nivelul apelor subterane, sau care se opresc în stratele nisipoase acvifere. Uneori, mai apar pe malul lacurilor de acumulare, atunci cînd nivelul apei din lacuri scade brusc. Apa, pînă atunci sub presiune, din stratele nisipoase, neputîndu-se filtra în ritmul coborîrii nivelului apei din lacuri, antrenează prin forța hidrodinamică și nisipurile, grăbind colmatarea lacurilor.

Pentru prevenirea curgerii nisipurilor se iau măsuri adecvate. În cazul debleelor se fac șanțuri pentru scurgerea lentă a apelor din stratele acvifere, iar taluzelor li se dă o înclinare mică. În cazul fundațiilor se recomandă săparea unor puțuri adînci, pentru coborîrea nivelului apelor subterane prin pompare.

Nisipurile curgătoare produc inconveniente și în lucrările miniere pentru cărbuni, datorită, pe de o parte, întreruperii procesului de extracție și periclitării utilajului, iar, pe de altă parte, prin lucrările speciale costisitoare care se execută pentru prevenirea și combaterea acestor curgeri de nisip.

In minerit, nisipurile curgătoare sînt cunoscute sub numele de borchișuri. Nisipurile care curg continuu se numesc borchișuri propriu-zise, iar cele care curg temporar, numai sub acțiunea hidrodinamică, pseudoborchișuri. Asecarea borchișurilor, se face prin pompare sau curgere liberă, operație foarte costisitoare.

3) **Deplasări lente.** În grupa deplasărilor lente se cuprind încovoierea capetelor de strate și solifluxiunea.

— *Încovoierea capetelor de strate* se observă pe versanții abrupți alcătuiți din strate, cu direcția paralelă sau diagonală cu direcția versanților și cu înclinare foarte mare sau chiar verticale (fig. 49).

Sub acțiunea gravitației, capetele de strate se încovoaie, luînd aspectul de înclinări reale. De fapt, încovoierea capetelor de strate este un fenomen superficial, care se observă de obicei în depozitele marnoase-argiloase și, mai rar, în cele calcaroase.

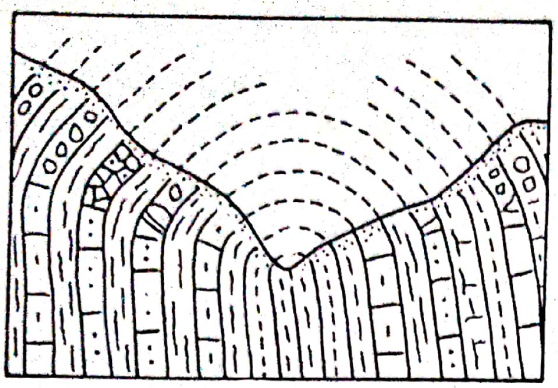


Fig. 49. Serie monoclinală cu capetele de strate încovoiate, interpretată greșit ca structură geologică.

La noi în țară, asemenea fenomene se întîlnesc în depozitele cretacice și paleogene din Carpații Orientali. Un caz tipic este cel de pe valea Teleajenului la Mînecii-Ungureni, unde depozitele cretacice au suferit o încovoiere a capetelor de strate, care poate fi luată drept anticlinal.

— *Solifluxiunea* cuprinde deplasarea formațiilor superficiale, ca rezultat al fenomenelor de îngheț și dezgheț. Solifluxiunea se întîlnește în regiunile muntoase, unde terenul îngheață pe adîncime mare și nu se dezgheață decît în partea lui superficială. Zona înghețată permanent se comportă ca un soclu rigid, pe care alunecă pătura superficială dezghețată și îmbibată cu apă, sub forma unui torent de noroi.

De fapt, solifluxiunea se produce în toate regiunile unde alternează perioade de îngheț și dezgheț, cu deosebirea că la altitudini mici, fenomenul se desfășoară în mod lent, perceptibil prin observații îndelungate. Apa infiltrată în sol prin îngheț și dezgheț alternativ contribuie la formarea materialului eluvial, prin afinarea terenurilor și scoaterea la suprafața lor a elementelor mai dure. Așa se explică, de exemplu, prezența pietrelor la suprafață, primăvara după dezgheț, în regiunile în care toamna ele nu se observă, fiind ascunse de o pătură subțire de sol.

4) **Alunecări.** Prin alunecări se înțelege deplasarea formațiunilor pe pantă, sub acțiunea gravitației, prin intermediul apelor superficiale și subterane.

Alunecările se deosebesc de prăbușiri prin modul lor de manifestare; materialul alunecă pe o suprafață și nu se rostogolește ca în cazul prăbușirilor.

a) *Elementele unei alunecări.* La o alunecare de teren se deosebesc următoarele elemente (fig. 50):

— *Suprafața sau linia de desprindere,* care apare la partea superioară a versanților sub forma unei crăpături. De-a lungul acesteia se produce desprinderea masei alunecătoare.

Văzută în plan vertical, suprafața de desprindere are înclinare foarte mare sau chiar verticală, deoarece în fenomenul de alunecare se produce mai întîi ruperea prin

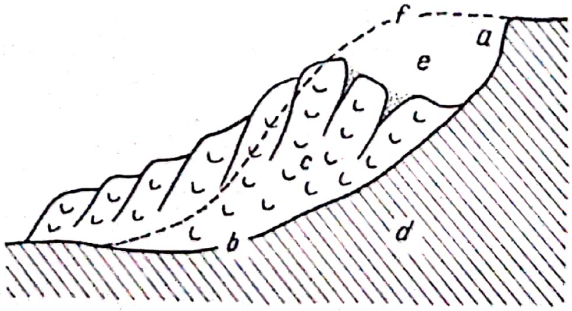


Fig. 50. Elementele unei alunecări:
a — linia de desprindere; *b* — suprafața de alunecare; *c* — masa alunecată; *d* — fundamentul nederanjat; *e* — circ de alunecare; *f* — suprafața inițială a versantului.

întindere și forfecare sub greutatea masei de teren și apoi deplasarea acesteia. Văzută în plan orizontal, suprafața de desprindere are forma unei linii drepte sau curbe, cu deschiderea spre aval.

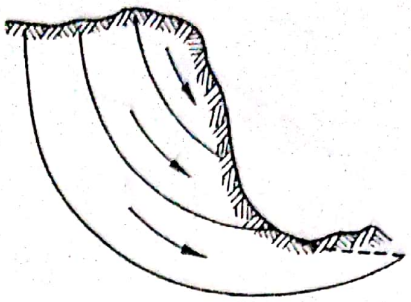


Fig. 51. Suprafețe de alunecare văzute în secțiune.

— *Suprafața de alunecare* este suprafața pe care se face deplasarea materialului. Ea are forme diferite, în funcție de natura petrografică a rocilor, stratificația acestora și gradul lor de umiditate. Dacă alunecarea se produce pe suprafețe preexistente, stratificație, fisuri etc., suprafața de alunecare va avea forma suprafeței de strat sau a fisurii și va fi mai mult sau mai puțin dreaptă. În cazul că suprafața de alunecare va intersecta mai multe strate cu duritate diferită, ea va avea forma unei curbe în trepte, tronsoane perpendiculare pe strat, în cazul rocilor tari și semitari, sau a unei curbe înclinate în cazul marnelor și argilelor.

Suprafețele de alunecare în roci nestratificate, argile, marne, au un profil sub formă de semicerc cu panta foarte mare, apropiată de verticală, la partea superioară a versantului; numai sub un unghi mare de pantă poate fi depășită coeziunea rocilor și masa alunecătoare se poate desprinde. În partea de jos a versantului, suprafața de alunecare are panta lină și ea poate ieși fie exact la talpa versantului, fie deasupra sau dedesubtul lui (fig. 51). În acest din urmă caz, în fața suprafeței de alunecare apare o ridicătură de material numită *val de refulare,* ca rezultat al împingerii sub greutatea masei alunecătoare.

— *Masa alunecătoare* este partea de teren desprinsă și deplasată. Prin acumulare la baza pantei, masa alunecătoare dă naștere la o serie de depozite numite *îngrămădiri de alunecare.* Masa de depozite alunecate poate să aibă structura netulburată sau tulburată, după cum rocile rămîn intacte ca structură sau se amestecă căpătînd un aspect haotic.

— Prin alunecare, masa alunecată lasă în urma ei o depresiune numită *circ* de alunecare, sau se deplasează în trepte, formînd ceea ce se numește *amfiteatru de alunecare.*

— Terenul rămas pe loc poate fi și el tulburat sau netulburat, pe o adîncime care variază în funcție de natura petrografică a rocilor.

b) *Dinamica fenomenelor de alunecare.* Cu toate studiile de laborator care s-au făcut în legătură cu stabilitatea maselor de pămînt, mecanismul procesului de alunecare nu este încă lămurit. Greutatea constă în aceea că factorii care provoacă alunecările acționează combinat.

Pentru evaluarea gradului de rezistență a versanților se ține seama de faptul că masele de teren se găsesc sub acțiunea a două feluri de forțe;

— *forțe de rezistență* (pasive), care tind să țină masele în echilibru stabil; în această grupă intră coeziunea rocilor și frecarea interioară a particulelor;

— *forțe de alunecare* (active), care tind să pună masele în mișcare; forțele de alunecare sînt cauzate de greutatea masei de roci, supraîncărcarea exterioară și presiunea hidrodinamică.

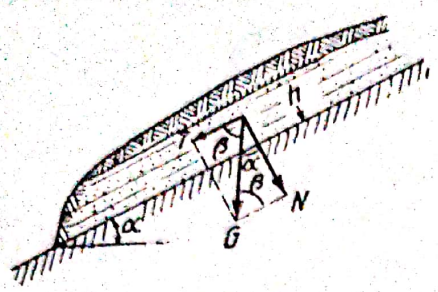


Fig. 52. Alunecare consecventă.

Aceste forțe sînt dependente de valoarea unghiului pe care îl face panta versantului cu orizontala — unghiul de pantă (stabilitatea versanților este mai mare cu cît unghiul de pantă este mai mic), de natura petrografică a versanților (rocile argiloase favorizează alunecările) și de proprietățile fizico-mecanice ale rocilor (frecarea interioară frînează alunecările).

În general se pot deosebi trei tipuri de alunecări :

— *alunecări consecvente* — la care masele de teren alunecă pe suprafața de strat ;

— *alunecări insecvente* — la care planul de alunecare face un unghi cu înclinarea stratelor ;

— *alunecări asecvente*, care se produc în roci omogene nestratificate.

Dinamica alunecărilor consecvente. În cazul cînd suprafața de stratificație servește ca suprafață de alunecare, stratele înclinînd în sensul pantei versantului, condițiile de stabilitate ale versantului se aseamănă cu condițiile de echilibru ale unui corp așezat pe un plan înclinat.

Dacă considerăm un versant constituit dintr-o alternanță de gresii și calcare, așezate pe un strat impermeabil de argile (fig. 52), constatăm următoarele :

Pachetul de strate situat deasupra argilelor cu greutatea $G=V\,\gamma_a$ se exprimă prin centrul de greutate al masei, care tinde să alunece. G se poate descompune într-o forță normală pe fața planului de alunecare,

$$N=G\,\cos\,\alpha=G\,\sin\,\beta,$$

și într-o forță tangențială pe fața de strat,

$$T=G\,\sin\,\alpha=G\,\cos\,\beta,$$

care produce alunecarea.

Alunecării i se opune frecarea reprezentată prin forța F, care lucrează pe fața de strat în sens invers componentei tangențiale. Forța de frecare F este proporțională cu componenta normală N. Deci :

$$F=fN=FG\,\cos\,\alpha=fG\,\sin\,\beta.$$

Pentru ca pachetul de strate să nu alunece este necesar ca

$$T<F,$$

$$G\,\sin\,\alpha=G\,\cos\,\beta<fG\,\cos\,\alpha=fG\,\sin\,\beta.$$

Unghiul de înclinare α al stratului alunecător, identic cu unghiul de înclinare al planului de alunecare φ, trebuie să fie mai mic sau cel mult egal cu unghiul de frecare interioară de pe planul de alunecare, pentru a nu se produce alunecarea :

$$\alpha<\operatorname{tg}\,\varphi.$$

Scanned with OKEN Scanner

Dar alunecării i se mai opune și coeziunea dintre particulele cimentate ale stratului care alunecă. Această forță C este porporțională cu coeziunea unitară c a rocii în tf/m², care lucrează pe suprafața de desprindere s, considerată în m².

$$C=cs.$$

Alunecarea se produce atunci cînd

$$T>F+C>fG\cos\alpha+cs.$$

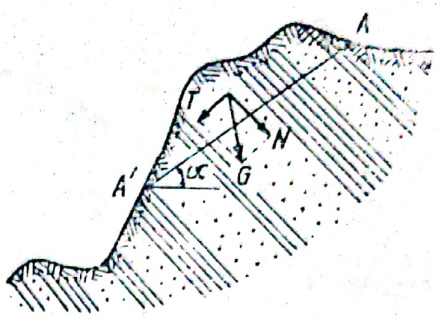


Fig. 53. Alunecare insecventă.

Coeficientul de siguranță sau de stabilitate n a versanților este raportul dintre forțele de rezistență și forțele de mișcare, adică :

$$n=\frac{F+C}{T}=\frac{fN+cs}{T}.$$

Cînd $n=1$, versantul este stabil ; dacă $n<1$, versantul este instabil.

Din cele de mai sus rezultă că versanții alcătuiți din roci stratificate, cu căderea în sensul pantei versanților, sînt cu atît mai stabili, cu cît înclinarea stratelor este mai mică. Stabilitatea versanților crește în absența apei, deoarece coeziunea c și coeficientul de frecare interioară f sînt mai mari, iar greutatea G a masei alunecătoare este mai mică, și invers.

Dinamica alunecărilor insecvente. În cazul alunecărilor insecvente (fig. 53) se admite că în general capetele stratelor se foarfecă după un plan de forfecare $A—A'$, care joacă și rolul de suprafața de alunecare.

Alunecările insecvente se produc tot datorită componenței tangențiale T a greutății masei de pămînt G.

$$T=G\sin\alpha=G\cos\beta.$$

Forței de alunecare T i se opun forțe de rezistență reprezentate prin :

— forța de rezistență la forfecare τ_{rf}, care este proporțională cu rezistența unitară τ la forfecare pe suprafața s

$$\tau_{rf}=\tau_s;$$

— forța de frecare

$$F=fN=fG\cos\alpha,$$

care lucrează în planul de alunecare $A—A'$.

Condiția de echilibru este ca forța de alunecare T să fie mai mică sau cel mult egală cu forțele de forfecare și frecarea interioară luate la un loc :

$$T\leqslant\tau_{rf}+F,$$
$$G\sin\alpha\leqslant\tau_s+fG\cos\alpha.$$

Coeficientul de siguranță n se află ca și în primul caz, făcînd raportul dintre forțele de rezistență și forțele de mișcare :

$$n=\frac{\tau_{rf}+F}{T}=\frac{\tau_s+fG\cos\alpha}{G\sin\alpha}.$$

Dinamica alunecărilor asecvente. Alunecările asecvente sînt alunecările care se produc pe versanții alcătuiți din roci nestratificate, omogene, de

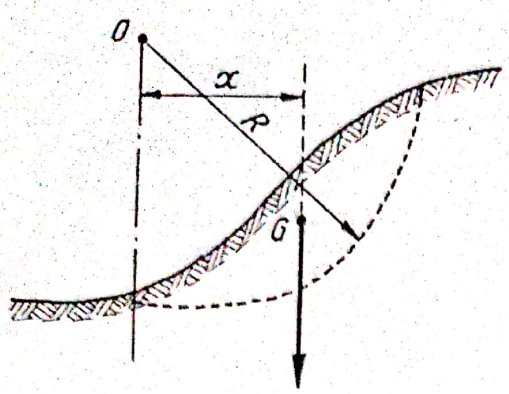


Fig. 54. Alunecare asecventă cu suprafața de alunecare la baza versantului.

tipul argilelor sau marnelor. În aceste roci, suprafața de alunecare este o curbă continuă, care pentru simplificare poate fi înlocuită cu o suprafață cilindrică.

Pentru a afla condițiile de echilibru ale versanților constituiți din argile sau marne, se construiește mai întîi un profil geologic prin versanții respectivi și se trasează mai multe arce de cerc, al căror centru O și raza de curbură R se cunosc.

În cazul alunecărilor asecvente deplasarea se face numai datorită greutății masei de pămînt, considerată ca o forță aplicată în centrul său de greutate și notată cu G. Rezistența la alunecare este dată numai de forța de coeziune C, reprezentată prin coeziunea unitară c, în tf/m², de pe întreaga suprafață de rupere s, luată în m².

$$C = cs.$$

Dacă suprafața de alunecare iese la nivelul tălpii versantului (fig. 54), se coboară din centrul O o perpendiculară și se studiază raportul forțelor care lucrează contradictoriu : greutatea masei G și coeziunea C.

Condiția de echilibru a versantului este :

$$Gx = CR,$$

în care :

G este forța exprimată prin greutatea masei ;
x — brațul forței ;
C — coeziunea pe suprafața de rupere ;
R — raza de curbură.

În cazul cînd se consideră că suprafața de alunecare cilindrică iese sub nivelul tălpii versantului (fig. 55), verticala coborîtă din centrul O va secționa alunecarea în două părți : în dreapta se găsește partea activă, care tinde să producă alunecarea, iar în stînga — partea pasivă, care se opune alunecării.

Condiția de echilibru este :

$$G_1x_1 - G_2x_2 - CR = 0,$$

în care :

G_1 și G_2 este greutatea forțelor active și pasive ;
x_1 și x_2 — brațul acestor forțe ;
C — coeziunea pe suprafața de alunecare ;
R — raza de curbură a suprafeței de alunecare.

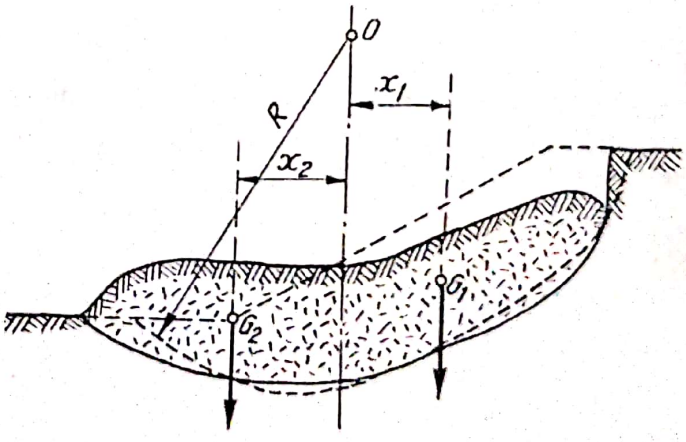


Fig. 55. Alunecarea asecventă cu suprafața de alunecare sub talpa versantului.

Dacă valoarea unuia din termeni a egalității se schimbă, semnul egal va fi înlocuit cu semnul $>$ și stabilitatea versantului se pierde ; sau cu semnul $<$, cînd stabilitatea versantului este mărită.

Pentru determinarea exactă a gradului de stabilitate a versanților constituiți din roci nestratificate, aceștia se împart în prisme mici (fig. 56), și pentru fiecare prismă în parte se determină greutatea G_1, G_2, G_3 etc., coeziunea C și unghiul de frecare internă φ, ținînd seama de natura terenului și gradul de umiditate. Se descompun apoi forțele generate de greutate G în componentele lor normale N și tangențiale T.

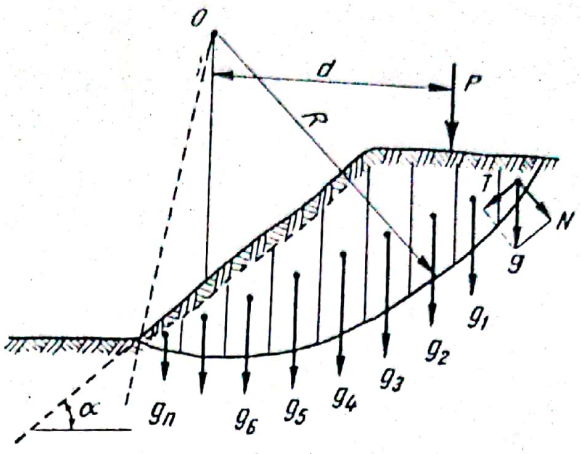


Fig. 56. Determinarea cu precizie a alunecării asecvente.

Condiția de echilibru pentru fiecare prismă în parte este după formula lui Coulomb următoarea :

$$T \leqslant N \operatorname{tg} \varphi + CR,$$

iar pentru tot versantul :

$$\Sigma T \leqslant \Sigma N \operatorname{tg} \varphi + \Sigma CR.$$

Coeficientul de siguranță este

$$N = \frac{\Sigma N \operatorname{tg} \varphi + \Sigma CR}{\Sigma T}.$$

c) *Descrierea alunecărilor de teren.* În cele ce urmează se descriu pe scurt principalele tipuri de alunecări.

Alunecarea formațiunilor superficiale. Prin formațiuni superficiale se înțelege o pătură de depozite, mai mult sau mai puțin groasă, constituită din blocuri de mărimi diferite, rezultate în urma procesului de alterare și dezagregare a rocilor.

Materialul dezagregat poate rămîne pe locul de formare, în care caz poartă numele de eluviu, sau poate fi transportat în altă parte.

Alunecarea formațiunilor superficiale se produce în urma schimbării constituției rocilor, trecerii lor într-o masă plastic-vîscoasă sau fluidă, prin îmbibare cu apă.

După forma pe care o ia masa în alunecare se deosebesc :

— *Alunecări areale*, care sînt extinse în suprafață și cuprind deplasarea formațiunilor superficiale groase de circa 5 m. Aceste alunecări sînt în general deplasive, fenomenul producîndu-se în stadii succesive. În timpul iernii și verii, alunecările au viteză mică sau se opresc, iar primăvara și toamna, datorită precipitațiilor abundente se pun în mișcare atingînd viteze foarte mari.

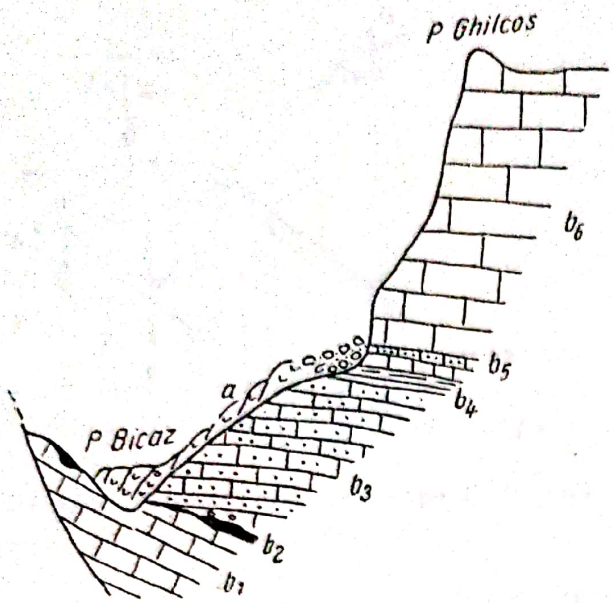


Fig. 57. Alunecarea areală de la Lacul Roșu:
a — materialul alunecat; *b* — fundamentul (b_1 — calcare triasice; b_2 — calcare liasice; b_3 — gresii doggeriene; b_4 — radiolarite oxofordiene; b_5 — calcare kimmeridgiene; b_6 — calcare de Stramberg).

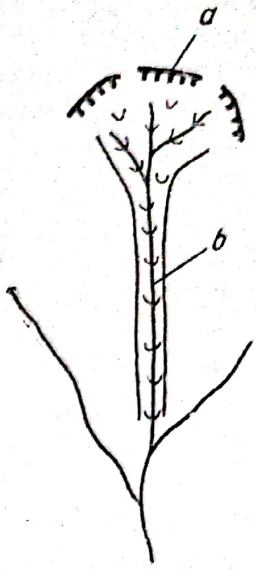


Fig. 58. Alunecare liniară:
a — linia de desprindere; *b* — masa alunecată.

La noi în țară, cea mai importantă alunecare de tip areal este alunecarea de la Lacul Roșu (fig. 57). Această alunecare s-a produs în primăvara anului 1838, pe versantul nordic al muntelui Piatra Ucigașului. Apa provenită din topirea zăpezilor și din ploile torențiale care s-au abătut asupra Munților Hăghimaș în acel an, a îmbibat puternic deluviul rezultat prin dezagregarea calcarelor și gresiilor jurasice superioare care alcătuiesc abruptul Pietrei Ucigașului, favorizînd alunecarea acestuia peste gresiile și calcarele doggeriene de la baza versantului, cu bararea văii Piatra Roșie, în aval de confluența sa cu Valea Suhardului. În spatele barajului natural format prin alunecare s-a acumulat apa pîraielor Piatra Roșie, Licaș, Hăghimaș și Suhard, dînd naștere Lacului Roșu.

— *Alunecări lineare sau de tip curgător* sînt alunecările extinse în lungime (fig. 58). Ele se produc în formațiunile deluviale formate pe seama depozitelor grezoase argiloase, situate în porțiunea superioară a văilor.

Primăvara sau toamna, deluviul se îmbibă puternic cu apă și sub greutatea proprie, datorită gravitației, din materialul deluvial încep să se desprindă porțiuni de mărimi diferite. Prin cădere, deluviul se frămîntă și se înmoaie, căpătînd aspectul unei paste ce curge pe firul văii sub forma unui curent îngust.

Alunecările lineare se întîlnesc foarte des în regiunile de dealuri constituite din roci argiloase, pe seama cărora se poate forma o pătură groasă de deluviu. Cele mai cunoscute alunecări de tip curgător sînt cele de la Mesteacăn și Godeni-Muscel, studiate și descrise de V. Dragoș.

Alunecările de la Mesteacăn au avut un caracter intermitent. Ele au afectat formațiunile deluviale formate pe seama eocenului în facies de

Sotrile, constituit dintr-o alternanță de gresii grosiere micacee, calcare și marne argiloase.

Alunecările de la Godeni au afectat deluviile formate pe seama depozitelor helveţian-tortoniene, constituite din argile și gresii.

Alunecarea formațiunilor de bază. Prin formațiuni de bază se înțeleg formațiunile situate sub cuvertura de eluviu sau de deluviu. Fenomenul se produce în roci nestratificate și stratificate, atunci cînd condițiile de echilibru arătate mai înainte sînt depășite.

— *Alunecările în roci nestratificate* (argile, marne), numite alunecări asecvente, se propagă *deplasiv*, *detrusiv* sau *mixt*, după suprafețe cilindrice.

Alunecările asecvente se întîlnesc, de obicei, pe malurile înalte ale rîurilor sau pe țărmul mărilor. De asemenea se pot produce în deblee, atunci cînd nu sînt săpate regulamentar.

O regiune caracteristică numeroaselor alunecări de tip asecvent este partea mijlocie și inferioară a fluviului Volga, între localitățile Gorki și Volgograd.

Regiunea respectivă este alcătuită din depozite argiloase-nisipoase, dispuse orizontal, care aparțin permianului, jurasicului, cretacicului și terțiarului. În aceste depozite Volga a săpat o vale adîncă, cu malurile înalte și abrupte, din care cauză apar alunecări asecvente, cu suprafața de alunecare cilindrică. Alunecările au dimensiuni mari, iar suprafețele de desprindere sînt așezate în trepte, și dau aspectul de amfiteatru.

— *Alunecările în roci stratificate* se produc atunci cînd versanții sînt alcătuiți din roci permeabile, alternînd cu roci impermeabile. În rocile stratificate, alunecările se pot produce în două moduri :

— pe suprafețele preexistente ; suprafețe de strat sau suprafețe tectonice ;

— pe suprafețe proprii, create ad-hoc, neuniforme.

Alunecările pe suprafețele de stratificație se mai numesc și alunecări plastice-consecvente, deoarece masa alunecătoare se deplasează de-a lungul unei suprafețe de strat sau tectonice, pe un lubrifiant dat de argile îmbibate cu apă. Alunecarea se produce în momentul cînd forțele care solicită masa de roci în jos înving rezistența forțelor pasive, anihilate prin înmuierea rocilor argiloase.

Alunecările pe suprafețele de stratificație sau tectonice se pot produce atît deplasiv cît și detrusiv.

Alunecarea de teren de la Goldau-Elveția este cea mai mare alunecare de teren, plastic-consecventă, cunoscută în Europa. Alunecarea s-a produs la 2 septembrie 1806 pe muntele Rose, alcătuit din conglomerate terțiare, cu înclinare de 19÷21°, în sensul pantei versantului (fig. 59).

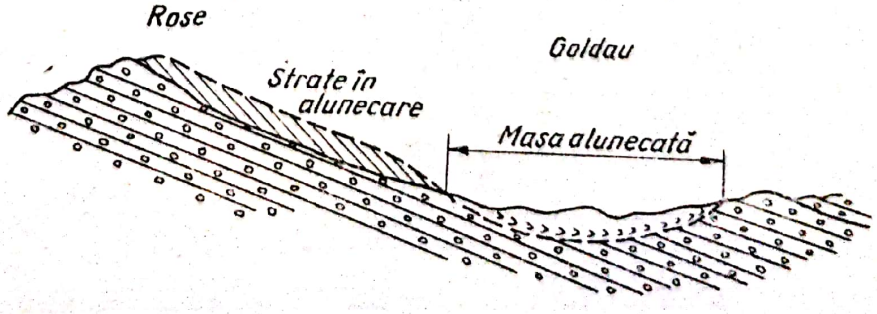


Fig. 59. Alunecarea plastic - consecventă de la Goldau-Elveția (după A. Heim din Dragoș).

După descrierea dată de A. Heim, alunecarea de la Goldau a avut proporții mari : 700÷2 000 m lungime ; 250 m lățime ; 60÷100 m grosime, însumînd 35—40 mil m³ material. Masa alunecată a acoperit în întregime localitatea Goldau, distrugînd 111 clădiri și omorînd 451 de oameni.

Cercetările minuțioase întreprinse de diverși cercetători au stabilit că alunecarea de la Goldau se datorește următoarelor cauze :

— ridicarea lentă a muntelui Rose. Acest fenomen a avut ca efect mărirea înclinării stratelor, pînă ce componenta tangențială T a depășit frecarea pe suprafața de strat ;

— agenții atmosferici care au alterat rocile pe suprafețele de contact ale stratelor, micșorînd frecarea ;

— apa de precipitații acumulată pe suprafața stratelor. Aceasta a creat o presiune hidrostatică mare, ceea ce a determiant micșorarea frecării dintre particulele componente ale rocilor, pe suprafețele de strat.

La noi în țară, cele mai cunoscute alunecări de teren plastic consecvente sînt cele de la Bordeștii de Sus și Dumitrești — R. Sărat, produse în 1915, și alunecările de la Godeni, Blaju și Bleici (Argeș).

Alunecările pe suprafețe proprii, neregulate, se mai numesc și alunecări insecvente, deoarece afectează stratele în sensul oblic față de înclinarea lor. Suprafața de alunecare este în mic neregulată, însă în linii mari, aceasta se încadrează într-o suprafață cilindrică. Neregularitățile se datoresc faptului că în rocile mai dure, ruperea se face mai ușor perpendicular pe strat, iar în rocile moi, ruperea se produce în sens oblic față de suprafața de strat.

Cele mai cunoscute alunecări insecvente sînt acelea care s-au produs pe malul mării la Odesa, Folkstone, Wight și N. Zeelandă.

Alunecările de la Odesa. La Odesa, țărmul Mării Negre este alcătuit din argile albastre, calcare și argile cenușii, de vîrstă pliocenă, peste care se așterne o pătură groasă de loess (fig. 60).

Alunecările au loc în felul următor : apele mării sapă adînc în argilele albastre rocile de deasupra, în măsura în care li se reduce suportul, se crapă paralel cu țărmul. La baza loesului există o pînză de apă freatică. Apa pătrunde pe fisurile și crăpăturile rocilor, înlesnind alunecarea în jos pe argilele albastre a blocurilor prismatice de roci desprinse din țărm.

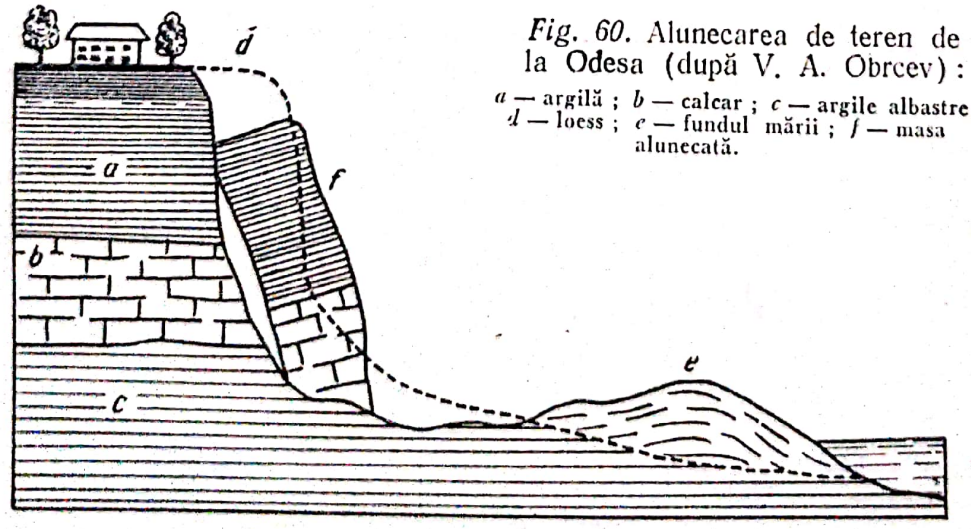


Fig. 60. Alunecarea de teren de la Odesa (după V. A. Obrcev) :
a — argilă ; *b* — calcar ; *c* — argile albastre ; *d* — loess ; *e* — fundul mării ; *f* — masa alunecată.

Alunecările de la Odesa au fost descrise de Sințov, în urma fenomenelor intense care s-au produs, în 1898, pe țărmul mării la Odesa.

Măsurile de combatere a acestor alunecări au fost îndreptate împotriva apelor freatice de la baza păturii de loess. Au fost executate lucrări de drenare la 5—6 km nord de oraș, care, combinate cu alte lucrări de consolidare executate pe țărmul mării, au oprit desfășurarea alunecărilor, asigurînd stabilitatea malului.

Alunecarea de la Folkstone — Anglia. Regiunea orașului Folkstone este alcătuită din depozite cretatice, reprezentate în bază, sub oglinda apei, prin gresii glauconice, peste care urmează un pachet de argile, gros de 20 m, și marne nisipoase compacte, de 130 m grosime (fig. 61). În aceste depozite s-au produs în ultimii ani numeroase alunecări, care au distrus linia ferată dintre Dover și Folkstone.

Cauzele care au provocat aceste alunecări sînt:

— îndepărtarea argilelor de la baza falezei, de către apele mării, și micșorarea în consecință a stabilității malului;

— presiunea hidrostatică creată de apele de precipitații care pătrund pe fisurile și crăpăturile existente în marnele nisipoase pînă la argile, pe care

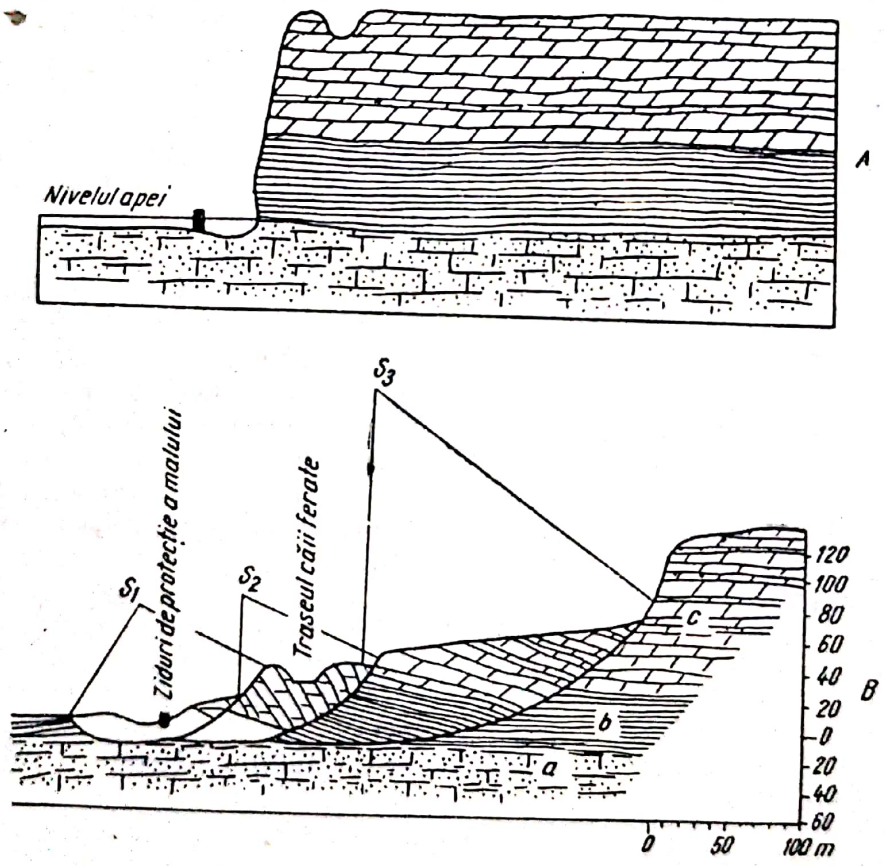


Fig. 61. Alunecarea de teren de la Folkstone — Anglia (după Zaruba și Menel):

a — argile; *b* — gresii; *c* — marne nisipoase; *A* — înainte de alunecare; *B* — după alunecare; S_1, S_2, S_3 — suprafața de alunecare.

Scanned with OKEN Scanner

le înmoaie. În felul acesta, echilibrul falazei se distruge și apar alunecări pe suprafețe aproape cilindrice.

La noi în țară, importante alunecări de teren insecvente se întîlnesc în regiunea Argeș (Brădet, Areful, Ștefănești, Goleşti etc.) și în regiunea văii Buzăului (Valea Milii, Valea Oii, Cheia Buzăului, Priporul Bonțului, Muchea Bălții, Bădila etc.).

— *Alunecări sufozionare.* Prin sufoziune se înțelege tasarea terenului, ca urmare a dizolvării componenților solubili sau antrenării particulelor fine din roci de către apele subterane. Tasarea produsă ca efect al dizolvării se numește sufoziune chimică, iar aceea rezultată prin antrenarea particulelor fine poartă numele de sufoziune mecanică.

Alunecarea sufozionară de la Memphis — S.U.A. Localitatea Memphis este situată pe malul fluviului Missisipi, în statul Tennesse.

Litologic, malul fluviului la Memphis este alcătuit în bază din argile cenușii-deschise. Peste acestea se găsește un strat de nisp cu granule rotunde, gros de 20 m, și un altul de argilă galbenă, tot de 20 m grosime. Versantul este acoperit de material deluvial (fig. 62).

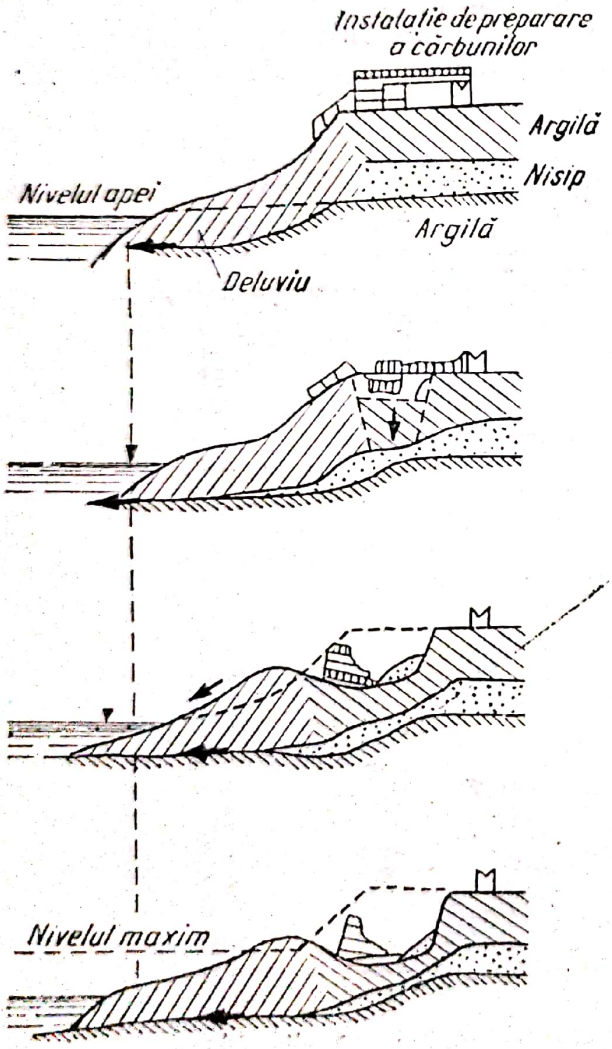


Fig. 62. Alunecarea sufozionară de la Memphis — S.U.A. (după Bendel din N. Mihăilescu).

Pe argilele galbene în apropierea de abrupt este construită o instalație de spălare a cărbunelui.

În depozitele menționate s-a produs cea mai mare alunecare cunoscută pînă astăzi. Alunecarea a început la 25 iulie 1926 prin scufundarea pe adîncime de 10 m a unei suprafețe de 200×30 m în care era cuprinsă și instalația. După trei luni de zile de stagnare, compartimentul s-a mai adîncit cu încă 10 m, suferind în același timp și o alunecare laterală, spre albia fluviului, de 16 m.

Cauza acestor alunecări este sufoziunea mecanică — antrenarea particulelor de nisip de către apa fluviului, slăbirea rezistenței suportului argilelor și a construcțiilor de deasupra lor cu producerea tasării.

Antrenarea nisipurilor se explică astfel: în perioadele de creștere, apa fluviului pătrundea prin depozitele deluviale și ajungea în stratul de nisip sub presiune destul de mare, în funcție de înălțimea coloanei de apă din fluviu. Cînd nivelul apei din fluviu scădea, scurgerea apei din nisipuri nu reușea

să țină pasul scăderii nivelului apei din fluviu. Atunci, apa din nisipuri fiind sub presiune, prin scurgerea ei, datorită forței hidrodinamice a antrenat și o parte din nisip, mărind porozitatea stratului de nisip și deci gradul de tasare al acestuia. În felul acesta se explică alunecarea ritmică de la Memphis, legată direct de urcarea și coborîrea nivelului apei din fluviu.

Alunecarea plastic sufozionară de la valea Brazilor. Un fenomen asemănător cu cel de la Memphis s-a produs și în țara noastră în împrejurimile orașului Curtea-de-Argeș, pe valea Brazilor (fig. 63).

Din punct de vedere litologic, regiunea respectivă este alcătuită din depozite detritice: nisipuri fine, micacee, pietrișuri mărunte cu intercalații lenticulare de marne.

În aceste depozite s-a produs, în anul 1952, scufundarea în trepte a unei suprafețe de 350—370×35—40 m, însoțită de o mică deplasare pe laterală.

Cauzele care au produs alunecarea de la valea Brazilor sînt: sufozia mecanică și alunecarea plastică. Apele de infiltrație datorită presiunii hidrodinamice au antrenat particulele fine de nisip din nisipuri și pietrișuri. Ca urmare, rocile s-au afînat și sub greutatea lor proprie s-au tasat. Intercalațiile lenticulare de marne, prin îmbinare cu apă, au devenit plastice, favorizînd deplasarea de 10÷20 cm pe lateral.

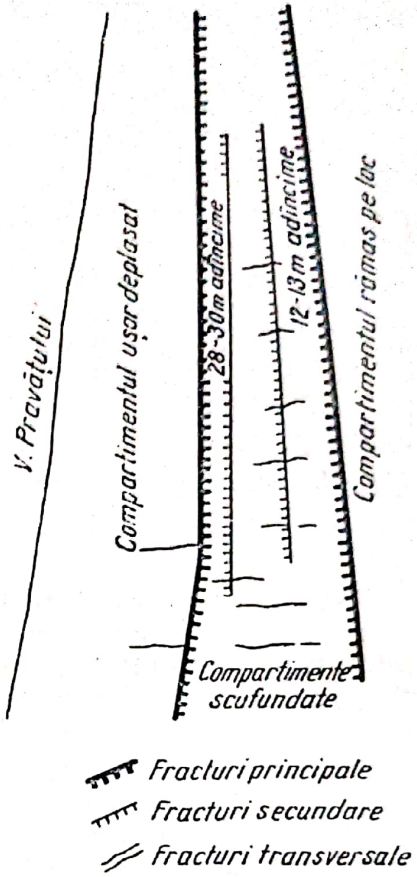


Fig. 63. Schița alunecărilor sufozionare de la Valea Brazilor — Argeș (după V. Dragoș).

b. Deplasări submarine

Prin deplasări submarine se înțeleg deplasările de teren care se produc în domeniul marin și care afectează rocile de fund în timpul formării lor, sau într-un stadiu imediat următor. Aceste deplasări au dimensiuni mari, ele întinzîndu-se pe o lățime de zeci de kilometri și pe o lungime de zeci sau chiar sute de kilometri, dînd naștere unor fracturi de forma faliilor normale.

Deplasările submarine se formează sub acțiunea gravitației și a forțelor tectonice.

Descrierea deplasărilor submarine a fost făcută pentru prima dată în depozitele terțiare din Peru, de către Robert A. Baldry, și în Ecuador, de Charles B. Brown.

Scanned with OKEN Scanner

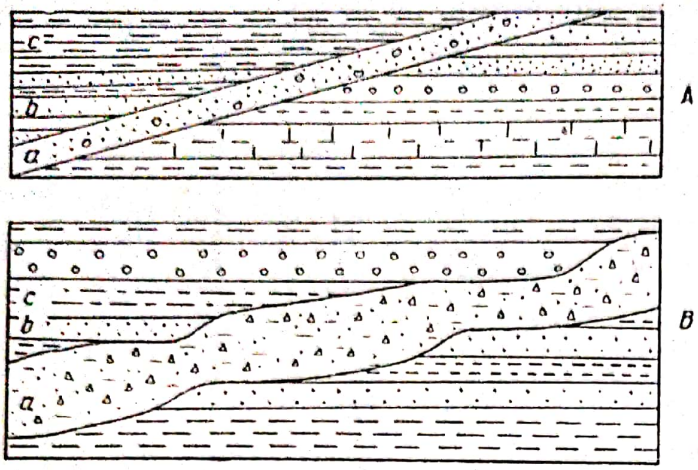


Fig. 64. Secțiuni geologice prin alunecările din Peru : *A* — în general ; *B* — în detaliu : (*a* — zona de brecie ; *b* — gresii ; *c* — argile) (după R. A. Baldry din V. Dragoș).

Lucrînd pentru petrol, cei doi cercetători au constatat prezența unei zone de brecie, dispusă pe depozite de virstă diferită. Considerarea acestei zone de brecie ca o discordanță stratigrafică fiind greu de admis, în urma cercetărilor minuțioase, autorii amintiți au ajuns la concluzia că sînt în prezența unei brecii tectonice, situată pe un plan de alunecare.

Considerentele pentru care zona de brecie este de natură tectonică și nu poate fi confundată cu altfel de depozite, cum ar fi argilele cu blocuri, sînt următoarele :

— Suprafețele de separație ale zonei de brecie, față de culcuș și acoperiș, nu sînt paralele între ele. Această situație este dată de faptul că suprafața de alunecare este foarte lină în rocile moi, argiloase și mult mai abruptă în rocile tari, grezoase (fig. 64). În cazul unei formațiuni sedimentare, suprafețele de separație trebuie să fie paralele.

În situația unei formațiuni sedimentare transgresive și discordante, la baza ei ar trebui să se găsească conglomerate. Ori, în cazul breciei de mai sus, conglomeratele se găsesc numai la contactul cu rocile dure, lipsind la contactul cu rocile moi.

— Argilele antrenate de-a lungul suprafeței de alunecare prezintă oglinzi de frictiune. Expuse la aer se oxidează repede, iar dacă sînt introduse în apă se dezagregă ușor. Ori, aceste caractere lipsesc la argilele nebrecifiate.

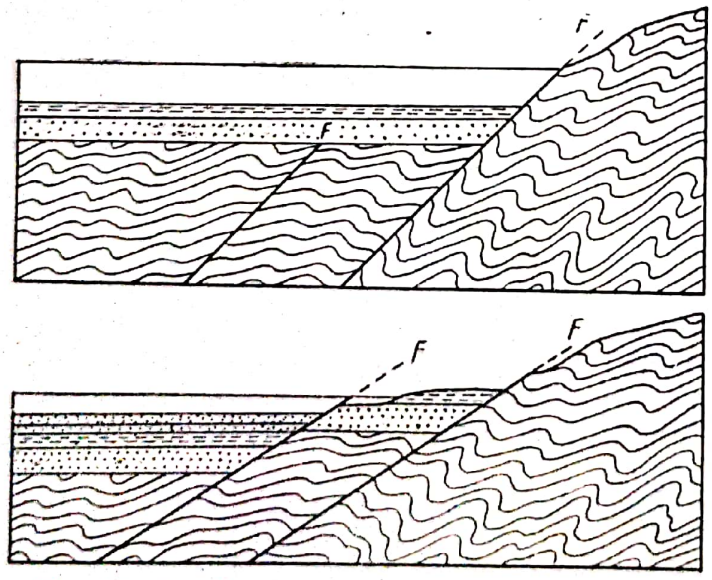


Fig. 65. Profile reprezentînd mișcările depozitelor terțiare de-a lungul geofaliei active din Peru : (după R. A. Baldry din V. Dragoș).

— Zona de brecie este situată pe o suprafață înclinată cu 7÷10°, sub forma unei falii normale ce afectează mai multe strate.

Deplasările submarine în cauză au avut loc pe coasta de vest a munților Amotapa, unde în timpul terțiarului s-au format depozite detritice ; conglomerate, gresii, marne, argile (figura 65). La începutul terțiarului a existat proba-

bil și o falie paralelă cu munții Amotapa, pe care se găseau argile îmbibate cu apă, lubrifiantul care a ușurat deplasările de teren pe plane cu înclinare mică.

In țara noastră, deplasările submarine sînt menționate de V. Dragoș, în Tortonianul din bazinul Orăștie. Aici se găsesc cute dizarmonice, situate în argile intercalate între pachete de gresii. Amplitudinea lor este mică, însă ele demonstrează că în timpul subsidenței Bazinului Transilvaniei au existat alunecări submarine.

Alunecările submarine au avut loc în trecut și se produc și astăzi. Ele dau naștere în timpul declanșării la valuri puternice, încît pot arunca departe pe litoral chiar vapoare. Deoarece aceste valuri nu coincid cu faza maximă a mareelor și nici cu fenomene seismice puternice, formarea lor nu poate fi pusă decît pe seama alunecărilor submarine.

c. Pînze de alunecare

Pînzele de alunecare se formează ca urmare a alunecărilor de proporții mari.

Pe soclurile rigide cu suprafața înclinată se pot întîlni sedimente care au la baza lor roci moi, de tipul argilelor și al marnelor, care prin îmbibarea cu apă pot juca rolul de lubrifiant. Sub acțiunea gravitației ajutate de lubrifiant, pachetele de roci de pe socluri se pot dezlipi de pe suportul lor și aluneca peste formațiuni mai noi, dînd naștere la pînze de alunecare, dezlipire sau decolare. Masa alunecată poate rămîne cu structura nederanjată, sau poate forma cute epidermice, în urma rezistenței întîmpinată în timpul alunecării (fig. 66).

In felul acesta s-au format o parte din cutele care alcătuiesc Munții Jura, iar la noi în țară Muntele Vulcan din Munții Apuseni, constituit din calcare titonice alunecate peste marne cretacice.

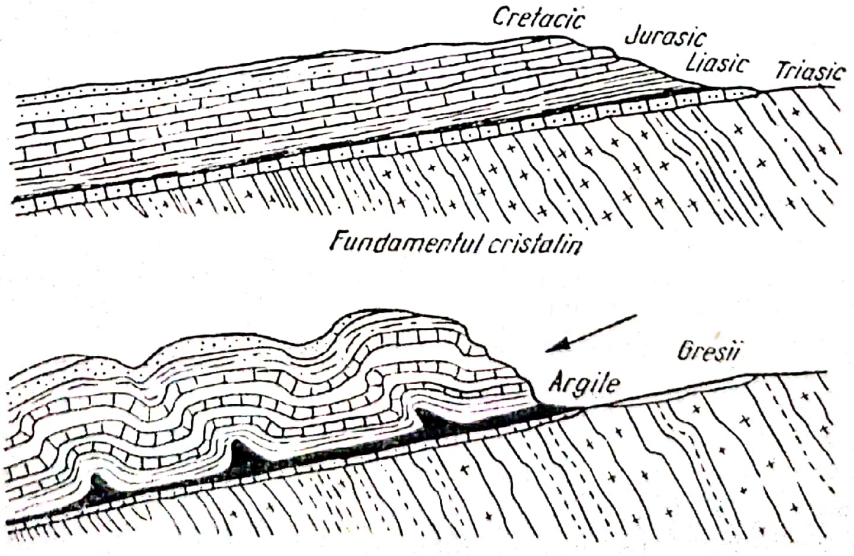


Fig. 66. Formarea pînzelor de alunecare: (după L. Moret).

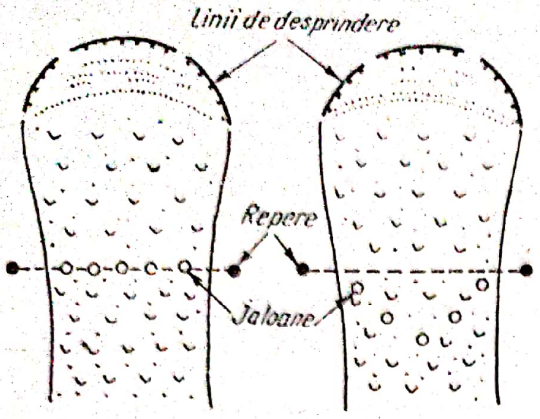


Fig. 67. Determinarea vitezei de înaintare a alunecărilor de teren.

4. VITEZA DEPLASĂRILOR DE TEREN

Viteza deplasărilor de teren este în general foarte diferită și variază după felul deplasărilor.

Viteza deplasărilor de teren este în funcție de următorii factori :

— panta versanților ; pe versanții cu înclinare mare și viteza deplasărilor de teren este mai mare ;

— înclinarea stratelor ; cu cît stratele pe care se face alunecarea au înclinare mai mare, cu atît și viteza alunecărilor este mai mare ;

— natura petrografică a rocilor ; în rocile dure, coeziunea dintre masa alunecată și terenul rămas pe loc sînt mari și deci alunecările au viteză mică, spre deosebire de rocile argiloase, unde coeziunea și frecarea interioară sînt mici și deci viteza de deplasare este mare ;

— condițiile climatice ; alunecările de teren au viteză mare după ploi abundente și primăvara, după topirea zăpezii.

Viteza de deplasare a alunecărilor de teren este perceptibilă și se determină întocmai ca și viteza de curgere a ghețarilor. Pe rocile nederanjate, rămase pe loc, de o parte și de alta a alunecării se fixează repere, iar în dreptul lor, perpendicular pe direcția masei alunecătoare se pun jaloane (fig. 67).

Urmărind în timp înaintarea jaloanelor, se constată că viteza maximă a masei alunecătoare este în partea mediană și superioară a sa, iar viteze mici se înregistrează pe margini și la baza ei. Vitezele mici din aceste puncte se explică prin frecarea care are loc între masa alunecătoare și terenul rămas nederanjat.

Din cauza diferenței de viteză a diferitelor părți din corpul alunecării, în masa alunecătoare apar crăpături cu concavitatea înainte.

5. VÎRSTA DEPLASĂRILOR DE TEREN

In ceea ce privește vîrsta, deplasările de teren se împart în două categorii :

— deplasări de teren recente ;

— deplasări de teren vechi.

Deplasările de teren recente se recunosc ușor prin prospețimea suprafeței morfologice, care se prezintă nealterată, nemodelată de eroziune. Rupturile sînt abrupte, fără vegetație, scoțînd în evidență rădăcinile pomilor.

Cel mai bun indiciu îl dau însă copacii, care pe terenurile alunecate recent sînt înclinați neregulat, formînd ceea ce se numește *pădure beată* (fig. 68).

Fig. 68. „Pădure beată".

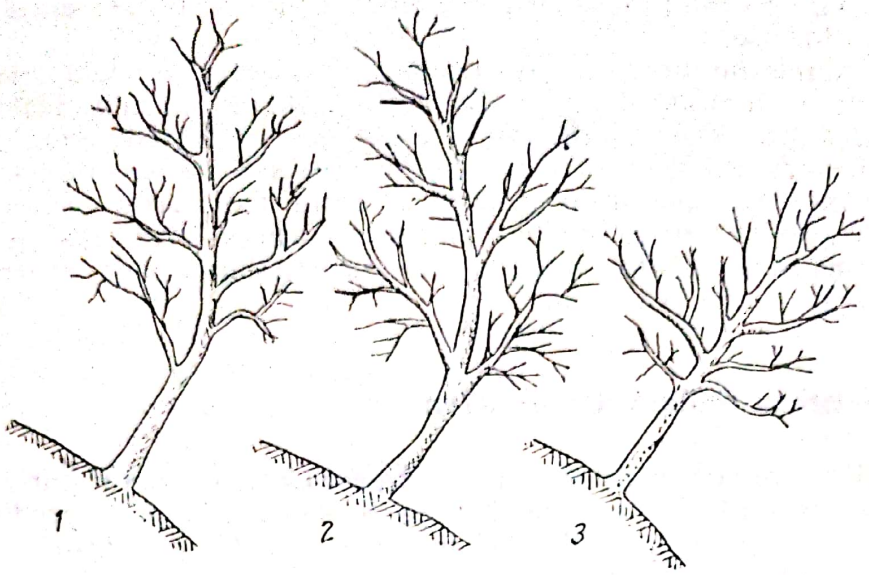


Fig. 69. Determinarea vîrstei deplasărilor de teren după direcţia tulpinii arborilor.

In perioadele de liniște, vlăstarele tinere ale copacilor cresc vertical, iar trunchiurile se curbează pronunţat. După dimensiunile acestor elemente, ţinînd seama de specia plantelor, putem aprecia cînd s-a produs alunecarea.

Considerînd o pădure de salcîmi (fig. 69), în cazul 1 alunecarea s-a produs cu 6—7 ani în urmă ; în cazul 2 alunecarea a fost continuă şi în cazul 3 alunecarea s-a produs cu 2—3 ani în urmă.

Deplasările de teren vechi sînt acelea care au suferit modificări importante datorită eroziunii. Porţiunea de desprindere este erodată, iar cea de acumulare este acoperită de conuri de dejecţie, al căror material provine din materialul alunecat.

Un indiciu preţios pentru stabilirea vîrstei relative a alunecărilor vechi este raportul acestora faţă de terasele văilor. Prin alunecări, terasele se pot întîlni la nivele diferite, faţă de acelea pe care le putem deduce din profilul longitudinal al văii. Aceasta este o dovadă că alunecările sînt mai noi decît terasele.

6. PREVENIREA ŞI COMBATEREA DEPLASĂRILOR DE TEREN

Deplasările de teren produc întotdeauna pagube, masele deplasate fie că sînt mici, fie că sînt mari, degradează terenurile, le fac improprii culturilor de orice fel şi amplasării construcţiilor.

In cazul cînd deplasările de teren se produc în apropiere de căile de comunicaţie sau de aşezările omeneşti, pagubele produse sînt adevărate catastrofe naturale. Acest lucru a făcut pe cercetători să considere că pierderile suferite de omenire de pe urma deplasărilor de teren depăşesc cu mult pe cele provocate de cutremurele de pămînt ; cutremurele de pămînt se produc la intervale mari şi influenţa lor distrugătoare se manifestă numai

în jurul epicentrului ; deplasările de teren au loc în fiecare an și afectează suprafețe imense.

Dacă ne referim numai la țara noastră, constatăm că deplasările de teren au afectat o suprafață de circa 900 mii ha. Numai în zona dealurilor subcarpatice dintre Argeș și Rîmnicu Sărat au fost distruse suprafețe imense de livezi, păduri, pășuni, căi de comunicații, așezări omenești etc.

Avînd în vedere pagubele produse de către deplasările de teren, asupra acestor fenomene s-au făcut studii numeroase atît pe teren cît și în laborator. Cu toate acestea, metodele de prevenire și combatere a alunecărilor de teren sînt încă insuficient studiate.

a. Prevenirea deplasărilor de teren

Măsurile care se iau trebuie să urmărească mai întîi prevenirea cauzelor — măsuri preventive — și numai după ce deplasările s-au produs, se iau măsuri constructive, îndreptate și împotriva efectelor, pentru limitarea și stabilizarea alunecărilor.

De obicei, măsurile de prevenire și de combatere a deplasărilor de teren se aplică combinat, pentru a acționa deodată sau succesiv asupra factorilor care generează deplasările de teren.

1) **Prevenirea prăbușirilor de teren,** se poate face atunci cînd se observă semne prevestitoare. De obicei, prăbușirile sînt precedate de rupturi paralele cu marginea versanților, sau de eroziune accentuată la piciorul pantelor.

Prăbușirile de teren pot fi prevenite prin consolidarea pantelor puțin stabile, astfel :

— împădurirea versanților cu specii de plante, alese în conformitate cu climatul regiunii și natura solului ;

— ameliorarea pantei versanților prin terase în formă de trepte care pot să fie simple, plantate cu arbuști, sau susținute prin ziduri (fig. 70) ;

— ameliorarea hidrogeologică, prin drenarea apelor superficiale, canalizarea celor subterane și protejarea malurilor apelor curgătoare împotriva eroziunii.

2) **Prevenirea alunecărilor.** La capitolul „Cauzele deplasărilor de teren" s-a arătat că apa este factorul principal care pregătește și produce alunecările. In consecință, prevenirea alunecărilor se face prin desecarea terenurilor, operație care se realizează prin următoarele metode :

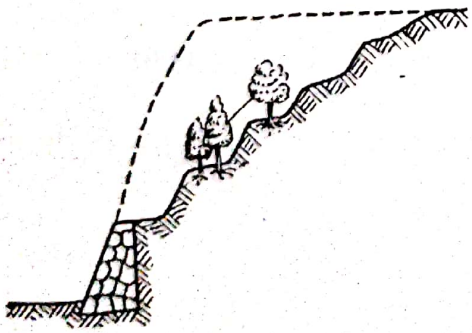


Fig. 70. Ameliorarea pantei versanților prin terase în formă de trepte.

a) *Netezirea versanților.* Versanții prezintă numeroase adîncituri în care apa poate stagna vreme îndelungată. Se creează astfel posibilitatea ca apa să se infiltreze în cantități mari în teren.

Pentru îndepărtarea apei de pe versanți, aceștia se netezesc prin îndepărtarea ridicăturilor, astuparea gropilor și și săpăturilor cu material impermeabil,

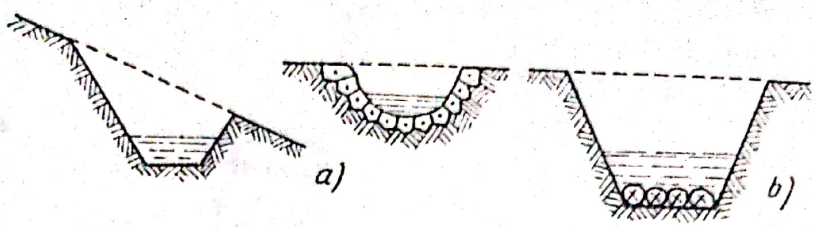


Fig. 71. Tipuri de rigole:
a — de captare;
b — de colectare.

care se tasează bine. Se obțin astfel suprafețe netede pe care apa se scurge repede.

b) *Împădurirea*. Metoda se bazează pe funcția fiziologică de transpirație intensă a anumitor specii de arbori, ca: salcia, aninul, plopul. Acești arbori reduc umiditatea terenului și mențin stabilitatea lui prin rădăcinile adînci și stufoase.

c) *Lucrări de construcții*. În cazul cînd apa este în cantitate prea mare, încît nu poate fi evacuată prin plantații, se impune executarea unor construcții care să permită scurgerea rapidă a apelor.

Lucrările cele mai indicate în acest scop sînt rigolele și drenurile, care se construiesc pe versanții cu înclinare suficientă, pentru ca apa să se scurgă în mod natural.

Rigolele sînt șanțuri deschise, de formă trapezoidală, sau în formă de jgheaburi (fig. 71). După rolul pe care-l joacă în desecare, rigolele sînt de două feluri: de captare și de colectare.

— *Rigolele de captare* (fig. 71, *a*) sînt șanțuri menite să capteze apa de șiroire. Ele au adîncime de 0,75 m. Fundul lor poate să fie simplu, căptușit cu fascine, bîrne de lemn sau pietre fasonate, cimentate (pereuri), și suficient de înclinat pentru ca apa să se scurgă repede, să nu aibă timp să se infiltreze.

Pentru ca frontul de captare al rigolelor să fie cît mai larg, iar suprafața drenată cît mai mare, ele se construiesc pe o direcție oblică față de cea mai mare pantă și la distanță de 10—15 m una de alta, în funcție de cantitatea de apă pe care o au de captat (fig. 72).

— *Rigolele de colectare* (fig. 71, *b*) au rolul de a colecta și conduce apele captate. Ele au adîncimea de 1 m și se construiesc pe linia de cea mai mare pantă (fig. 72). Fundul lor se căptușește de obicei cu pereuri uscate sau cu mortar de ciment, pentru a nu se da posibilitatea apei să se infiltreze în teren.

Drenurile sînt șanțuri de forme trapezoidale, mai adînci decît rigolele, umplute cu material permeabil. Drenurile se construiesc acolo unde este necesară desecarea stratelor acvifere și unde rigolele sînt amenințate cu distrugerea prin alunecare, din cauza apei în exces. Spre deosebire de rigole, care captează și colectează apele de la suprafață, drenurile captează și colectează apele de la suprafață și pe cele din stratele acvifere.

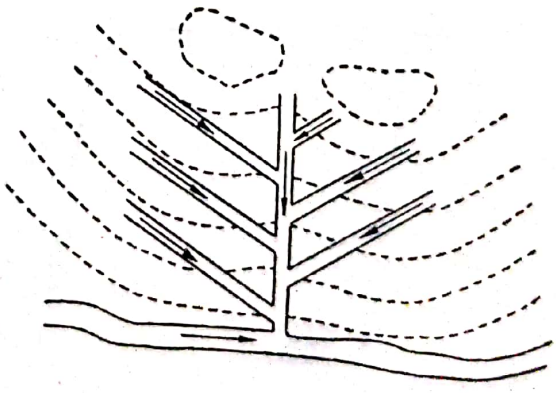


Fig. 72. Plasarea rigolelor pe un versant.

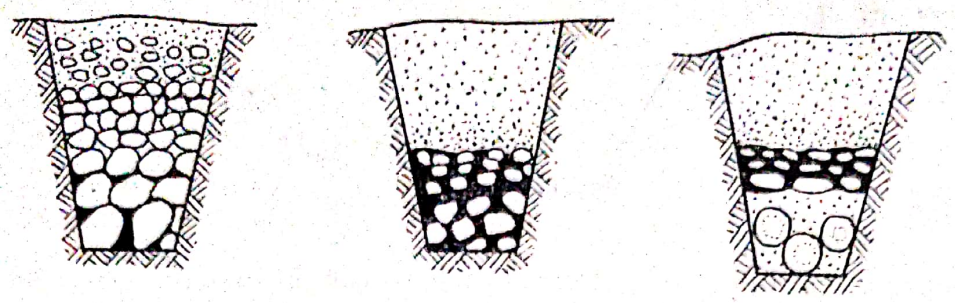


Fig. 73. Drenuri de captare.

Ca și rigolele, drenurile sînt și ele de două feluri: de captare și de colectare.

— *Drenurile de captare* au adîncime de 1,20÷1,50 m, lățimea la fund 0,30÷0,50 m, iar la suprafață de 0,80÷1,00 m. Materialul permeabil care se introduce în drenuri este alcătuit la fund din fascine, peste care se așază pietre de dimensiuni mari, la partea inferioară, pietriș și nisip din ce în ce mai fin spre partea superioară (fig. 73).

— *Drenurile de colectare* sînt construcții speciale, făcute cu scopul de a colecta apele captate, și în același timp de a absorbi apa din stratele acvifere. Pentru acest motiv, drenurile de colectare se sapă la adîncime mare și au fundul prevăzut cu spații largi (fig. 74). Spațiile largi rezultă din așezarea lespezilor de piatră și pot fi de formă dreptunghiulară sau în formă de triunghi, așezat cu baza în jos, cînd debitul apei este mare și constant, sau cu baza în sus, cînd debitul apei este mic și variabil.

In construcțiile moderne drenurile sînt prevăzute la fund cu tuburi de ciment perforate la partea superioară, cu scopul de a permite pătrunderea apei în tuburi și evacuarea ei rapid, fără riscul pierderilor prin infiltrații în terenul înconjurător și al împotmolirii drenurilor.

Drenurile sînt lucrări de adîncime cu fundul amplasat în strate impermeabile, care prin drenarea stratelor acvifere scad nivelul apei din pînzele freatice. Nivelul la care se stabilește apa unei pînze freatice între două drenuri depinde de permeabilitatea rocilor și de distanța dintre drenuri. Intre două drenuri apropiate săpate în roci permeabile, nivelul apei va avea

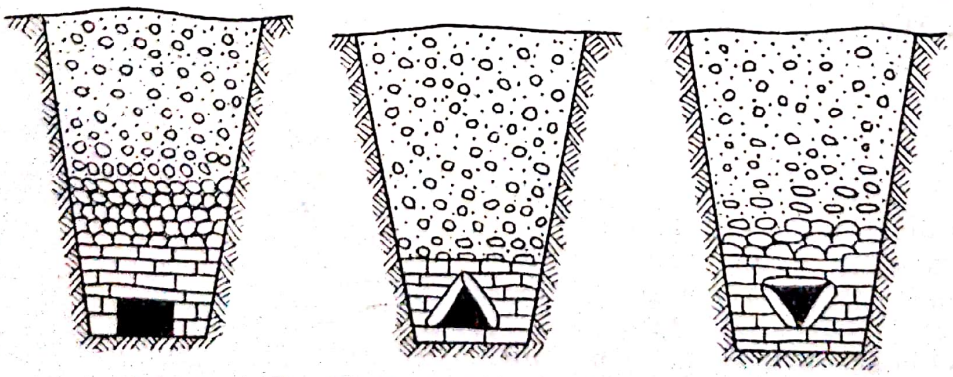


Fig. 74. Drenuri de colectare.

forma unei curbe turtite (fig. 75) — în cazul cînd drenurile sînt distanțate și rocile sînt greu permeabile, curba ce reprezintă nivelul apei va fi mai pronunțată.

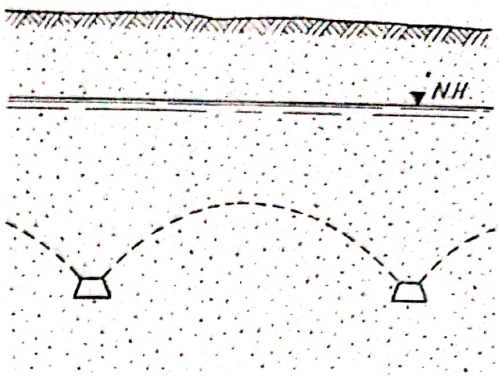


Fig. 75. Forma nivelului hidrostatic între două drenuri.

b. Combaterea alunecărilor de teren declanșate

Alunecările de teren declanșate pot fi stabilizate, dacă se iau măsuri eficace împotriva cauzelor care au produs alunecările de teren și nu asupra efectelor. Apa fiind principala cauză care produce alunecările de teren, se va acționa întotdeauna asupra ei prin desecarea terenurilor, atît a celor alunecate cît și a celor rămase pe loc. Metodele de secare se aleg în funcție de proporția alunecărilor.

1) **Oprirea alunecărilor puțin adînci.** În cazul cînd alunecările sînt puțin adînci, lucrarea cea mai indicată este plantarea de arbori cu transpirație intensă, care să aibă o creștere rapidă și rădăcini adînci. Se realizează în felul acesta desecarea naturală a alunecării și fixarea ei de substrat. Concomitent cu plantarea arborilor se construiesc și rigole de captare. Acestea se plasează sub nivelul acvifer și mai sus de linia de desprindere (fig. 76), în așa fel ca masa alunecată să nu mai fie alimentată cu apă. În felul acesta, terenul alunecat se usucă și se consolidează.

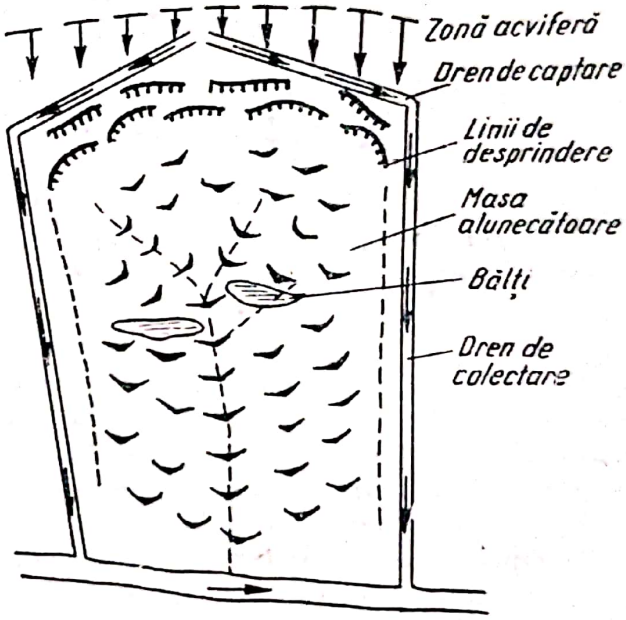


Fig. 76. Amplasarea drenurilor pentru oprirea alunecărilor.

2) **Oprirea alunecărilor adînci.** Alunecările adînci se stabilizează printr-un sistem asemănător. În locul rigolelor se construiesc drenuri a căror adîncime este în funcție de adîncimea stratului impermeabil, în care aces-

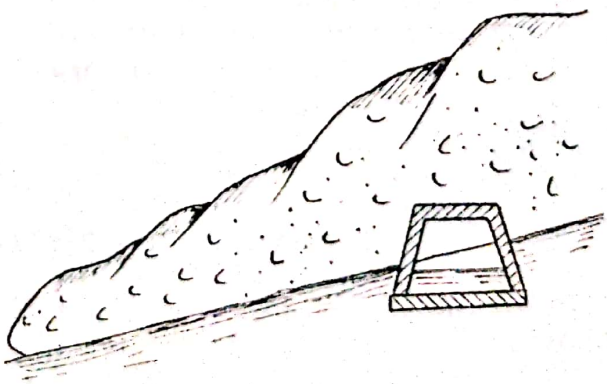


Fig. 77. Amplasarea drenurilor pentru stabilizarea alunecărilor adînci.

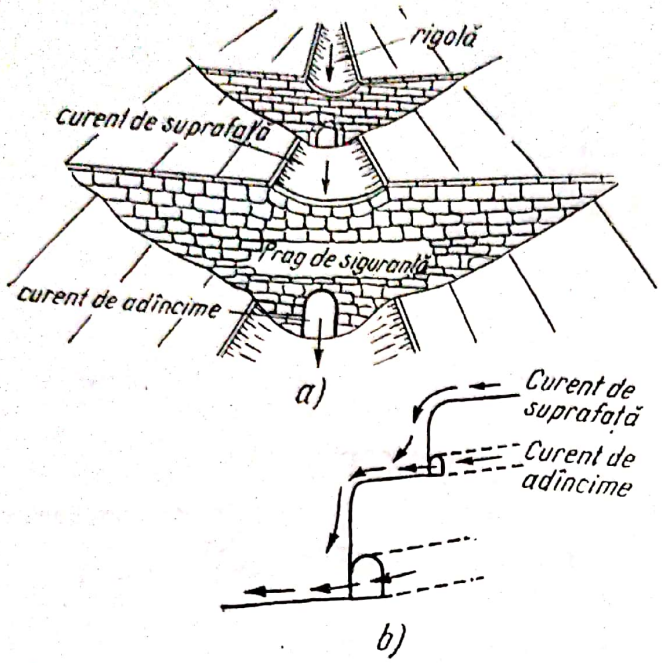


Fig. 78. Dren cu dublu curent:
a — vedere în plan; *b* — vedere în secțiune (după Gh. Bădescu din V. Dragoș).

tea trebuie să fie încastrate pe o înălțime de 40÷50 cm. În cazul cînd stratul impermeabil se află la o adîncime mai mare de 6 m, se construiesc drenuri subterane care se încastrează cu 2/3 din partea lor inferioară în stratul impermeabil (fig. 77).

Drenurile de captare se umplu cu pietre, crengi fără frunze, iar cele de colectare și evacuare cu lespezi de piatră, scînduri, sau cu tuburi de beton care se pun pe fund.

În regiunile cu alunecări de tip curgător cu apă în exces se impune construirea unor drenuri cu capacitate mare, cu dublu curent de apă (fig. 78); acestea au la suprafață o rigolă de forma albiilor, cu fundul pietruit și betonat, avînd rolul de a capta apele de la suprafață. Sub aceasta, la adîncime de 2 m, se găsește drenul propriu-zis, cu capacitate mare, avînd rolul de a capta apele infiltrate la adîncimea lui și de a le aduce la suprafață.

Drenurile cu dublu curent se construiesc în trepte, pentru ca în felul acesta să se mențină panta terenului și să se micșoreze viteza curentului de apă.

3) **Oprirea alunecărilor de teren prin lucrări mecanice.** În cazul alunecărilor rapide, pînă se construiesc drenurile necesare asecării formațiunilor, în masa alunecată se sapă puțuri, din care apa se scoate cu ajutorul pompelor.

Prin această metodă se deseacă o suprafață redusă și ea nu se aplică decît în cazuri rare, atunci cînd alunecările amenință construcțiile.

Oprirea alunecărilor de teren prin congelare artificială se folosește în cazuri foarte rare, numai pentru a cîștiga timpul necesar evacuării instalațiilor industriale, a locuințelor etc.

7. COMBATEREA RÎPELOR ȘI TORENȚILOR

Puterea erozivă a apelor torențiale și debitul solid cărat de acestea amenință de multe ori căile de comunicație.

— Pentru combaterea cauzelor și a efectelor torenților, în zona neerodată și în zona erodată a acestora se execută o serie de lucrări tehnice, care au drept scop consolidarea terenului. Acest lucru se realizează prin

restabilirea vegetației, reținerea debitului lichid și solid și dispersarea apei în amonte de bazinul de recepție, sau canalizarea apei torenților.

1) **Lucrări în zona neerodată a torenților.** Lucrările care se execută în zona neerodată a torenților au caracter preventiv. Printre acestea se citează :

— *Arătura pe curba de nivel,* cu scopul de a întîrzia scurgerea precipitațiilor lichide, prin crearea brazdelor care rețin apa și-i dau posibilitatea să se infiltreze (exemplu : NV Ardealului) ; de menționat că această metodă se aplică cu succes pe versanții cu panta mai mică de 20°. Cînd panta este mai mare decît 20°, se obțin rezultate contrarii, apele putînd antrena solul arat.

— *Construirea de garduri mici,* în formă de potcoavă în jurul torenților, cu scopul de a risipi apele pe versanți, sau în cazul cînd sînt în cantitate prea mare, executarea de rigole sau drenuri care să dirijeze apele pe versanți.

2) **Lucrări în zona erodată a torenților.** În funcție de puterea torenților și importanța obiectivelor pe care acestea le amenință, în zona erodată a torenților se execută următoarele lucrări :

— *Fascine,* adică snopi din nuiele de salcie, anini, plută sau plopi, groși de 20÷30 cm, care se plantează pe fundul torenților, în zonele unde aceștia nu transportă decît material fin. Asemenea lucrări sînt simple și ieftine, și se execută toamna sau primăvara după topirea zăpezilor, pentru ca nuielele să se poată prinde. Cu timpul, fascinele devin adevărate baraje vii, care micșorează viteza apelor, rețin debitul solid și micșorează eroziunea de fund.

— *Cleionaje,* adică garduri de nuiele simple sau duble, care se construiesc ca și fascinele, perpendicular pe torenți, în zonele unde versanții sînt alcătuiți din roci dure, iar malurile sînt distanțate unul de altul cu cel mult 10 m.

Cleionajele simple constau din pari de lemn de esență tare, care se introduc forțat în teren. Aceștia se împletesc cu nuiele, iar la partea lor superioară, pentru ca împletitura să nu se desfacă, se așază lanțuri din lemn, numite longrine.

Cleionajele simple se construiesc în partea superioară a torenților, la o distanță de 1 m unul față de altul.

Cleionajele duble constau din două garduri, distanțate unul de altul cu 0,5÷0,6 m. Spațiul dintre acestea se umple cu material și se plantează cu salcie.

Atunci cînd gardurile sînt înalte, pentru ca apa în cădere să nu descalțe parii, cleionajele se construiesc cu 1÷2 trepte de cădere a apei, iar în fața lor se execută un radier de fascine (fig. 79).

Baraje de lemn ; în cazul cînd torenții transportă material

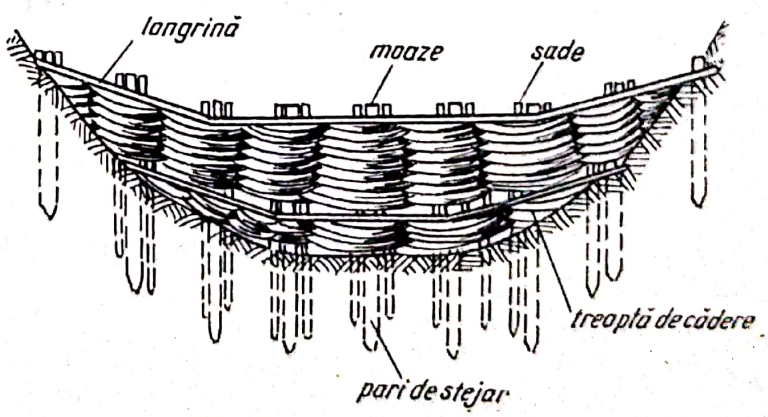


Fig. 79. Cleionaj.

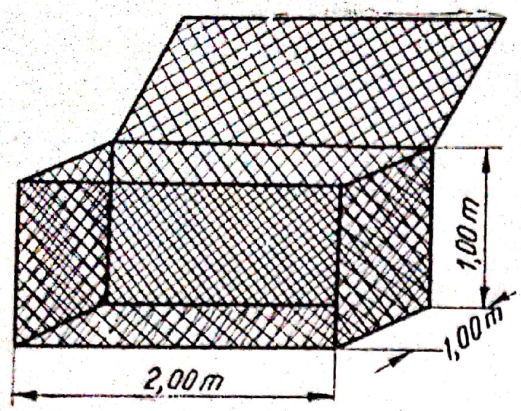


Fig. 80. Gabion.

grosier (pietriș. bolovani) se execută lucrări mai rezistente, numite baraje. Acestea constau din trunchiuri de arbori, așezate transversal pe vale, unul peste altul, puternic încastrate în maluri. Se construiesc doi pereți de înălțime corespunzătoare, distanțați unul de altul și legați prin trunchiuri de lemn. Spațiul dintre acești pereți se umple cu piatră spartă sau pietriș și se plantează.

La mijlocul barajelor, pentru ca apa să se poată scurge în mod dirijat, se lasă o adîncitură numită deversor.

În fața barajelor, pentru a evita eroziunea produsă prin căderea apei de la înălțime, se construiesc radiere din lemn sau piatră care să protejeze baza barajelor.

— *Gabioane ;* în regiunile în care nu există piatră de dimensiuni mari se execută baraje cu ajutorul gabioanelor. Acestea sînt cutii de plasă de sîrmă, care se umple cu piatră și se așază în construcție ca pietrele în zidărie (fig. 80).

— *Baraje de piatră ;* acolo unde există piatră de construcție se execută baraje din piatră cimentată. Barajele de piatră se amplasează în porțiunea torentului, unde există un volum mare de material și unde este necesară reducerea vitezei de scurgere. Barajele de piatră cimentată se construiesc pe torenții peste care trec căile de comunicație principale.

De menționat că barajele nu se construiesc niciodată în apropierea podurilor. Amplasarea barajelor în aval de poduri duce cu timpul la micșorarea luminii acestora, prin acumularea debitului solid, ceea ce determină apa să-și caute drum pe la capetele podurilor, deteriorîndu-le. Amplasarea barajelor imediat în amonte de poduri duce la uzarea culeelor și a pilelor prin cădere de apă.

B. FENOMENE CARSTICE

Prin fenomene carstice se înțelege totalitatea proceselor geologice care se produc în rocile solubile, îndeosebi calcare, ca urmare a circulației apelor, mai ales subterane, încărcate cu CO_2.

1. CONDIȚIILE DE FORMARE A CARSTULUI

Procesele de formare și dezvoltare a carstului sînt determinate de patru factori, a căror existență simultană este indispensabilă desfășurării fenomenelor carstice, și anume : existența rocilor solubile, permeabilitatea lor, apa și viteza ei de circulație și, în al patrulea rînd, puterea apei dizolvate.

a) Prezența rocilor solubile este o condiție de bază care determină posibilitatea dezvoltării carstului. Între acestea se citează, în ordinea solubilității lor, sarea gemă, gipsul și anhidritul, calcarele și dolomitele. Deoarece calcarele și dolomitele se întîlnesc frecvent în natură, rezultă că cele mai numeroase și variate fenomene carstice se dezvoltă în aceste roci. Celelalte tipuri de roci solubile menționate dau fenomene carstice de mai mică importanță, însă cu aplicații practice deosebite în construcții.

Caracterul carstului și viteza sa de formare sînt influențate de compoziția mineralogică a rocilor, grosimea rocilor, precum și de modul de așezare și fisurare a acestora.

În ceea ce privește compoziția mineralogică, este de remarcat că calcarele prin dizolvare pun în libertate un material argilos, care de multe ori astupă fisurile și împiedică circulația apelor.

Grosimea rocilor solubile este de asemenea importantă, deoarece majoritatea fenomenelor carstice se dezvoltă în adîncime, la limita cu rocile impermeabile.

Modul de dispunere a rocilor influențează viteza de formare a carstului. În general, poziția în pantă a rocilor este mai favorabilă dezvoltării carstului decît poziția orizontală sau verticală.

b) Permeabilitatea este a doua condiție obligatorie în dezvoltarea carstului. Se știe că dolomitele și calcarele de orice tip luate teoretic sînt impermeabile. În majoritatea lor însă, aceste roci sînt stratificate și prezintă numeroase falii și fisuri datorită fenomenelor tectonice, ultimele putînd să apară și ca efect al variațiilor de temperatură. Toate acestea, adică suprafețele de stratificație, faliile și fisurile constituie tot atîtea căi de circulație a apelor prin roci.

c) Circulația apei prin roci este de asemenea o condiție obligatorie în dezvoltarea carstului. Dinamica regimului apelor subterane se caracterizează prin coeficientul schimbului de apă, care este definit prin raportul debitului anual al fluxului freatic și volumul total al apelor freatice din zona considerată. Valoarea acestui coeficient depinde de gradul de permeabilitate a rocilor, condițiile de drenaj, climă și condițiile de alimentare a apelor subterane.

d) Proprietățile apei ca dizolvant depind de conținutul în CO_2 luat de apă din atmosferă și de procesele biogeochimice care se produc în zona superficială a scoarței terestre. În general, capacitatea de dizolvare a apei scade cu adîncimea, deoarece procesele biogeochimice se micșorează în adîncime, iar conținutul în CO_2 luat din atmosferă se reduce simțitor.

2. FORMELE DE PREZENTARE A FENOMENELOR CARSTICE

Fenomenele carstice sînt reprezentate prin manifestări de suprafață, doline, văi oarbe, poduri naturale, chei, lapiezuri, și manifestări interioare, peșteri, canale subterane, avenuri.

În practica geologică interesează în mod deosebit formele carstice ascunse de adîncime și vitezele de dezvoltare ale acestora.

Scanned with OKEN Scanner

Formele carstice de adîncime provoacă mari greutăți în executarea construcțiilor de drumuri și căi ferate și în săparea tunelelor, deoarece zonele carstice nu prezintă suficientă siguranță în stabilitate ; în cazul tunelelor, venirile de apă din golurile carstice sînt așa de mari, încît determină sistarea lucrărilor de săpare pînă la drenarea apelor pe cale naturală. Mari neajunsuri provoacă fenomenele carstice în executarea lucrărilor hidrotehnice, întrucît fisurile și golurile carstice pot periclita stabilitatea barajelor și economia de apă a lacurilor.

In ceea ce privește viteza de dezvoltare a carstului, este de menționat că în calcare și dolomite carstul se dezvoltă mai încet și mult mai repede în gipsuri și sare gemă. De aici, atenția care trebuie dată acestor fenomene, atunci cînd se urmărește executarea construcțiilor în roci solubile.

Scanned with OKEN Scanner

CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU CONSTRUCȚII INGINEREȘTI

Alegerea amplasamentului diferitelor construcții civile și industriale, indicarea variantei favorabile pentru construirea căilor de comunicație, găsirea pietrei naturale de construcție etc. se fac în urma unor cercetări tehnico-geologice și geotehnice detaliate. Aceste cercetări au drept scop determinarea condițiilor naturale ale terenului de fundație, lămurirea structurii geologice a acestuia și cunoașterea proprietăților fizice și mecanice ale rocilor ce vor fi folosite în construcții.

Cercetările tehnico-geologice se execută de către echipe speciale, alcătuite din ingineri și geologi, cunoscători ai problemelor de geologie tehnică. Obiectul acestor cercetări îl constituie structura geologică a regiunii și formele morfologice generate de aceasta, în urma acțiunii agenților atmosferici asupra rocilor, fenomenele fizico-geologice și hidrogeologia regiunii, proprietățile fizice și mecanice ale terenului de fundație.

De rezultatele cercetărilor tehnico-geologice depinde alegerea amplasamentului cel mai favorabil pentru construcții, determinarea metodelor de lucru și alegerea măsurilor de protecție împotriva acțiunii dăunătoare a proceselor fizico-geologice, fizico-chimice și tehnico-geologice.

Dezvoltarea cercetărilor tehnico-geologice și alegerea metodelor de lucru se stabilesc în funcție de faza de proiectare, particularitățile construcțiilor proiectate și condițiile geologice ale regiunii.

1. DEZVOLTAREA CERCETĂRILOR TEHNICO-GEOLOGICE

Întocmirea proiectelor pentru construcții trece prin mai multe faze. Numărul acestora depinde de complexitatea problemelor economice ale regiunii și greutățile tehnice întîmpinate în realizarea construcțiilor proiectate.

In general, pentru întocmirea proiectului unei construcții, cercetările tehnico-geologice se execută în trei faze:

— faza studiului tehnic-economic;
— faza proiectului de ansamblu;
— faza proiectului tehnic.

Scanned with OKEN Scanner

a. Faza studiului tehnic-economic

Cercetările tehnico-geologice din faza studiului tehnic-economic au drept scop cunoașterea condițiilor naturale ale regiunii și influența lor asupra construcțiilor proiectate. Mai precis, aceste cercetări indică posibilitatea executării construcției proiectate în regiunea aleasă și greutățile de întîmpinat la fundare.

In faza studiului tehnico-economic, cercetările tehnico-geologice constau în culegerea de date din literatură și arhivele de specialitate cu privire la geologia, hidrogeologia și seismicitatea regiunii. Pe baza acestor date se alcătuiește un studiu tehnico-geologic, în care se face o apreciere critică asupra calității și cantității datelor aflate, scoțîndu-se în evidență problemele neclare sau controversate. La acest studiu se anexează o hartă geologică și profile geologice longitudinale și transversale, toate întocmite pe baza materialului documentar.

In fine, o echipă alcătuită dintr-un geolog, inginerul constructor și un topograf se deplasează pe teren pentru verificarea datelor obținute din literatură, alegerea sectoarelor în care s-ar putea plasa construcțiile proiectate și întocmirea programului de cercetări viitoare.

b. Faza proiectului de ansamblu

In această fază de proiectare se execută cercetări tehnico-geologice, cu scopul îmbogățirii datelor obținute din literatura de specialitate. Aceste cercetări constau din :

— ridicări topografice amănunțite ;

— ridicări geologice și geotehnice prin prospecțiuni și explorări geologice și geotehnice. Se alcătuiesc hărți și profile geologice detaliate, precum și hărți litologice. Prin încercări pe teren și în laborator se determină proprietățile fizice și mecanice ale rocilor și se întocmesc hărți geotehnice ;

— ridicări hidrogeologice, pe baza cărora se determină compoziția chimică a apelor subterane, pentru aprecierea gradului lor de agresivitate pentru betoane ;

— identificarea materialelor naturale de construcție, piatră spartă, pietriș etc.

Pe baza acestor cercetări se alege varianta cea mai favorabilă din cele indicate în prima fază de cercetare și se dau indicații asupra măsurilor necesare asigurării stabilității terenului în timpul executării construcțiilor și după aceasta.

c. Faza proiectului tehnic

In faza proiectului tehnic se detaliază cercetările tehnico-geologice și geotehnice referitoare la :

— lucrările topografice care deservesc ridicările tehnico-geologice ;

— numărul și mărimea puțurilor, forajelor și lucrărilor miniere pentru adîncirea cunoașterii structurii geologice a regiunii ;
— fenomenele fizico-geologice : deplasări de teren, tasări etc. :
— variația debitului, a compoziției chimice și a temperaturii apelor subterane, descoperite prin lucrările de explorare.

Proiectul tehnic cuprinde planurile generale ale fiecărei lucrări de construcție în parte și se încheie cu planul de organizare a șantierelor, programul de lucru etc.

2. EXECUTAREA CERCETĂRILOR TEHNICO-GEOLOGICE

Cercetările tehnico-geologice se execută în următoarele etape : pregătirea pentru lucru ; prospectarea regiunii ; explorarea terenului în adîncime ; încercări experimentale pe teren ; încercări și analize de laborator.

a. Pregătirea pentru lucru comportă

— stringerea și studiul materialului documentar publicat și din arhive, care se referă la regiunea de cercetat sau la regiunile învecinate unde s-au executat construcții similare ;
— stabilirea programului de lucru, cînd se fixează volumul lucrărilor, metodele de cercetare, modul de recoltare al probelor și scara ridicărilor tehnico-geologice ; se are în vedere ca costul cercetărilor să nu depășească practica obișnuită, însă nici problemele de care depinde executarea construcțiilor în bune condiții să nu rămînă nerezolvate ;
— organizarea echipelor de cercetare și procurarea materialelor necesare cercetărilor de teren.

b. Prospectarea regiunii constă din :

— cartarea geomorfologică ; se consemnează pe harta topografică formele de relief particulare și fenomenele fizico-geologice întîlnite (deplasări de teren, zone cu grohotișuri, carsturi, rîpe etc.). Aceste date se completează cu imformații asupra precipitațiilor atmosferice și variațiilor de temperatură ;
— cartarea geologică și litologică ; se trec pe harta topografică formațiunile geologice pe vîrste și varietăți litologice. Se notează elementele tectonice (cute, falii), crăpăturile (caracter, orientare, adîncime) etc. Se iau probe paleontologice și litologice pentru determinarea vîrstei formațiunilor și proprietăților fizice și mecanice ale rocilor de fundație ;
— cartarea hidrogeologică ; se înseamnă pe harta topografică apele de suprafață și subterane și caracterele lor principale (răspîndire, domeniu de alimentare, debit, nivel hidrostatic etc.). Se iau probe de laborator pentru determinarea compoziției chimice și a gradului de agresivitate asupra betoanelor ;
— fotografierea punctelor care prezintă interes geologic și tehnic deosebit.

Scanned with OKEN Scanner

c. Explorarea

Se execută cu scopul de a completa și preciza datele furnizate de lucrările de prospecțiune referitoare la structura terenului în adîncime, starea fizică a rocilor și regimul apelor subterane.

Explorarea se execută prin sondaje, șanțuri, puțuri, galerii și foraje, în funcție de natura rocilor, întinderea și importanța construcțiilor.

În timpul lucrărilor de explorare se iau totdeauna probe de roci, tulburate sau netulburate, pentru încercări de laborator.

d. Încercările experimentale pe teren

Acestea au ca scop stabilirea modului în care agenții naturali sau artificiali acționează fizic, chimic sau mecanic asupra terenurilor. Pe teren se determină :

— permeabilitatea rocilor prin pompări experimentale ;
— deformarea terenurilor de fundație sub acțiunea apei ;
— proprietățile geotehnice ale rocilor și pămînturilor de sub fundații ;
— tasarea și capacitatea portantă a rocilor ;
— capacitatea de consolidare și impermeabilizare a terenurilor.

e. Cercetările de laborator

Acestea constau din analize și încercări care se execută cu scopul de a preciza compoziția petrografică a rocilor și caracteristicile lor fizico-mecanice. Cercetările cuprind :

— studii petrografice și geologo-tehnice pentru rocile stîncoase ;
— determinarea proprietăților fizice (analiza granulometrică, greutatea specifică, greutatea volumetrică, coeziunea, unghiul de frecare interioară) și a celor mecanice (rezistența la compresiune, rezistența lo forfecare etc.) pentru rocile necoezive.

De reținut este faptul că încercările de laborator trebuie să fie executate în condiții care să permită obținerea de concluzii juste, necesare în calculul fundațiilor.

3. HĂRȚILE TEHNICO-GEOLOGICE

Hărțile tehnico-geologice se deosebesc de hărțile geologice prin caracterul cercetărilor și complexitatea lor.

Rezultatul cercetărilor tehnico-geologice care privesc procesele fizico-geologice și proprietățile fizico-mecanice ale terenurilor se trec pe hărți topografice la o scară determinată de cerințele fazei de proiectare. Pe baza acestor rezultate se scot în evidență porțiunile de teren potrivite pentru construcții, fără restricții, porțiunile de teren favorabile construcțiilor după luarea unor

Scanned with OKEN Scanner

măsuri tehnice și zonele de teren defavorabile construcțiilor, datorită instabilității provocate de deplasări de teren.

Ținînd seama de faptul că terenurile se comportă diferit față de diverse construcții, se construiesc hărți tehnico-geologice speciale pentru fiecare tip de construcție în parte ; hărți pentru construcții edilitare, cartiere muncitorești, hărți pentru construcții hidrotehnice, hărți pentru construcții de căi de comunicație.

Tipuri de hărți. Pentru proiectarea construcțiilor se folosesc :

— hărți analitice, care cuprind numai o anumită proprietate a rocilor : coeficientul de permeabilitate, indicile de plasticitate etc. ;

— hărți cu condiții tehnico-geologice, care dau indicații numai pentru un anumit gen de construcții. Acestea cuprind natura rocilor, stratigrafia, tectonica și procesele fizico-geologice care le afectează ;

— hărți sintetice, care cuprind în mod sumar toți factorii care determină condițiile tehnico-geologice pentru mai multe tipuri de construcții. Ele sînt hărți de raionare tehnico-geologică.

După destinație și scară, hărțile tehnico-geologice se împart în următoarele categorii :

— hărți sinoptice generale, ridicate la scara 1 : 500 000 și folosite la planificarea economică a regiunilor. Cu ajutorul lor se alege direcția, conținutul și volumul cercetărilor tehnico-geologice care urmează să se efectueze pentru anumite construcții ;

— hărți sinoptice speciale, alcătuite la scara 1 : 25 000—1 : 100 000, care servesc în faza studiului tehnic-economic la alegerea amplasamentului construcțiilor, trasarea căilor de comunicație ;

— hărți detaliate, ridicate la scara 1 : 5 000—1 : 10 000, care se folosesc în faza proiectului de ansamblu ;

— hărți foarte detaliate, întocmite la scara 1 : 1 000—1 : 2 000, care servesc la întocmirea proiectelor diferitelor construcții.

La baza întocmirii acestor tipuri de hărți stau :

— condițiile climatice și solul regiunii ; clima favorizează declanșarea fenomenelor fizico-geologice (deplasări de teren, înghețul și dezghețul etc.), iar solul determină condițiile în care se execută construcțiile ;

— relieful, caracterizat prin diferențele de nivel dintre rețeaua hidrografică și formele înconjurătoare, determină accesul în regiune și volumul lucrărilor pentru anumite construcții (căi de comunicație etc.);

— structura geologică a regiunii ; ținînd seama de proprietățile rocilor și tectonica lor, teritoriul studiat se împarte în porțiuni cu caractere geologice comune ;

— caracterul rocilor ; se determină starea și proprietățile fizico-mecanice ale rocilor de bază, se reliefează raporturile dintre rocile de bază și formațiunile superficiale, se împart rocile pe complexe etc. ;

— condițiile hidrogeologice ; se determină prezența apelor freatice, nivelul lor hidrostatic, grosimea stratelor acvifere, compoziția chimică a apelor, legătura apelor subterane cu cele de la suprafață etc. ;

— fenomenele fizico-geologice ; se cercetează detaliat și se apreciază acțiunea lor asupra construcțiilor.

Scanned with OKEN Scanner

4. ÎNTOCMIREA RAPOARTELOR TEHNICO-GEOLOGICE

Rezultatele cercetărilor tehnico-geologice obținute pe teren și în laborator se consemnează într-un raport, aviz, sau memoriu tehnico-geologic.

1) **Raportul tehnico-geologic** este o dare de seamă asupra cercetărilor executate într-o anumită fază de proiectare. El se referă la anumite constatări, pe baza cărora se pot da soluții tehnice.

Raportul tehnico-geologic se însoțește cu hărți tehnico-geologice, pe care sînt trecute toate situațiile la care se referă raportul respectiv.

2) **Avizul tehnico-geologic** cuprinde punctul de vedere al cercetătorului asupra problemei studiate. Avizul se poate prezenta fără anexe.

3) **Memoriul tehnico-geologic trebuie să cuprindă :**

a) *Introducerea,* în care se expun : scopul cercetărilor, problemele cercetate, suprafața cuprinsă și condițiile de lucru.

b) *Cuprinsul,* în care se descrie caracterele fizicogeologice ale regiunii, structura geologică, condițiile hidrogeologice etc. ; această parte are următoarele subdiviziuni :

— *Geomorfologia.* Se descriu principalele forme de relief pe unități mari morfologice, dîndu-se atenție deosebită deplasărilor de teren, fenomenelor carstice etc. Pe baza acestor cercetări se pot trage concluzii asupra genezei reliefului.

— *Clima.* Se arată caracterele generale ale elementelor climatului, temperatura aerului și a solului, cantitatea de precipitații, umiditatea aerului-absolută și relativă, forța și direcția vîntului, adîncimea și durata de îngheț etc.

— *Structura geologică.* Se dă descrierea petrografică a rocilor pînă la adîncimea de fundare, caracterul și condițiile de zăcămînt ale acestora. Din punct de vedere tectonic se arată gradul de tectonizare a rocilor și se descriu faliile și fisurile.

— *Condițiile hidrogeologice.* Se dă caracterizarea rețelei hidrografice (viteza și debitul apei, caracterul și panta văilor) și a apelor subterane (nivel hidrostatic, debit, direcție de scurgere, agresivitate asupra betoanelor).

— *Caracterul vegetației* pe diferite forme de relief, în vederea folosirii acesteia ca material de înierbare sau de construcție.

c) *Geotehnica,* în care se analizează rezultatele încercărilor de teren și de laborator, cu privire la caracterele fizice și mecanice ale terenurilor de fundație.

d) *Incheierea* cu concluzii asupra cercetărilor și propunerea soluției celei mai practice.

e) *Anexele memoriului.* Memoriul tehnico-geologic se însoțește cu numeroase anexe grafice. Printre acestea trebuie să figureze hărți și profile geologice longitudinale și transversale, hărți tehnico-geologice, tabele și grafice cu rezultatele analizelor de laborator, schițe, fotografii etc.

Scanned with OKEN Scanner

FUNDAȚII

Prin fundație se înțelege partea inferioară a unei construcții, prin care aceasta este așezată pe teren și căruia îi transmite toate încărcările construcției. Terenul care preia sarcinile construcțiilor se numește teren de fundație.

Din punct de vedere geotehnic, terenul de fundație este alcătuit din trei zone, notate cu literele *A*, *B*, *C* (fig. 81) :

— zona superioară *A* este zona în care se manifestă acțiunea agenților atmosferici și organici. Fiind impregnată cu apă de precipitații, zona superioară este puternic străbătută de rădăcinile vegetalelor care se alimentează din această zonă ;

— zona intermediară *B* se caracterizează prin prezența a numeroase substanțe chimice. Acestea provin în bună parte din zona *A*, prin dislocarea și depunerea lor de către apele de precipitații, infiltrate în teren ;

— zona inferioară *C* este alcătuită din roci care nu au suferit variații de temperatură, nealterate. Pe seama acestei zone, prin acțiunea agenților atmosferici se dezvoltă cele două zone. Zona inferioară se întîlnește la adîncimi diferite, în funcție de natura rocilor și condițiile climatice locale.

In lucrările de fundație, inginerii constructori contează numai pe zona *C*, deoarece aceasta reprezintă un teren bun de fundație.

Teren bun de fundație este orice teren care poate să preia sarcinile transmise de construcții, fără să prezinte deformări dăunătoare. Terenul de fundație trebuie să fie omogen, adică stratul pe care se

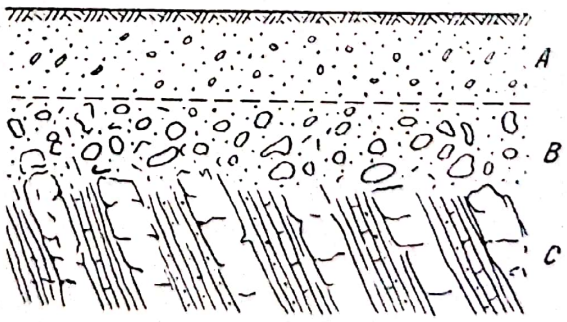


Fig. 81. Alcătuirea terenului de fundație :
A — zona superioară ; *B* — zona intermediară ;
C — zona inferioară.

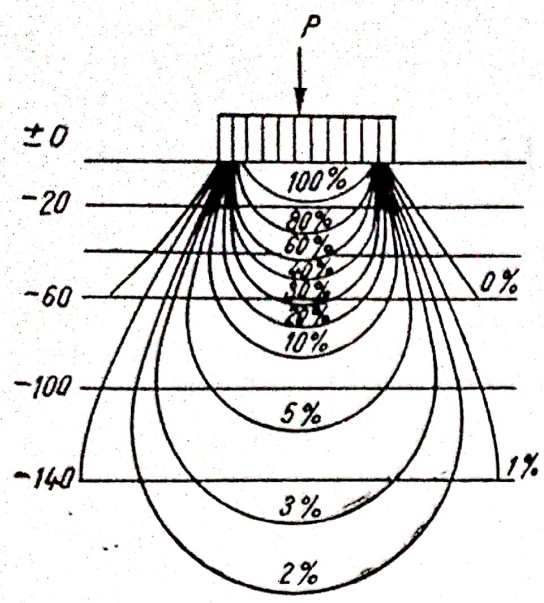


Fig. 82. Bulbul presiunilor.

fundează să fie suficient de gros, pentru a permite ca 75% din presiunile date de sarcinile construcțiilor să se dezvolte în interiorul său (fig. 82).

A. CERCETAREA TERENULUI PENTRU FUNDAȚII

Pentru a cunoaște dacă un teren este bun sau nu pentru fundații, este necesar ca el să fie studiat. Studiile care se fac în legătură cu fundarea construcțiilor pot fi grupate în felul următor :

— *Studiul geologic.* Acesta trebuie să cuprindă descrierea mineralogică și chimică a rocilor, succesiunea rocilor în profil, grosimea și înclinarea stratelor, stabilitatea terenului, îndeosebi cînd se execută construcții pe versanți.

— *Studiul rezistenței terenului,* adică determinarea sarcinii cu care terenul poate fi încărcat, fără a se produce dezechilibru în talpa fundației. Aceasta se obține prin cunoașterea tuturor caracteristicilor fizice și mecanice ale rocilor.

— *Studiul tasărilor* produse după executarea construcțiilor în timpul exploatării. De asemenea se studiază influența reciprocă care se produce între construcțiile executate și obiectele vecine, precum și deformațiile care au loc prin modificarea nivelului apelor subterane.

— *Studiul apelor subterane,* adică determinarea influenței pe care acestea o exercită asupra construcțiilor și luarea de măsuri în consecință.

1. METODE PENTRU CERCETAREA TERENURILOR DE FUNDAȚII

Pentru cercetarea terenurilor de fundații și pentru luarea probelor necesare analizelor de laborator se folosesc următoarele metode : săparea șanțurilor deschise, sondaje, foraje, probe de penetrare, metode geofizice : metoda seismică și metoda electrică ; aceste două metode fiind cele mai utilizate.

a) *Săparea șanțurilor deschise.* Șanțurile deschise sînt săpături în trepte care se execută pe locul viitoarelor construcții. La partea inferioară, șanțurile au dimensiuni de 1,5—2 m. Treptele trebuie să aibă lățimea de cel puțin 1 m, iar înălțimea de 0,5÷2 m (fig. 83).

b) *Sondaje.* Sondajele constau în introducerea în teren a unor bare de oțel sau burghie, lungi de 10 m și groase de 20÷30 mm. La unul din capete barele sînt ascuțite și prevăzute cu șanțuri pe care rămîn urme din pămîntul străbătut. Înfigerea barelor în teren se realizează prin împingere, învîrtire cu mîna sau batere cu ciocanul.

Scanned with OKEN Scanner

Natura terenului străbătut de bare se determină după sunetul pe care acestea îl produc la lovire, după aspectul pe care îl prezintă barele pe porțiunea introdusă în teren și după rezistența produsă la împingere. Astfel, la introducere în nisip, bara zăngăne ; în argile dă un sunet surd ; în luturi dă senzații de viscozitate. După extragere din nisipuri, bara are aspect lucios, iar din argile bara prezintă pe suprafață părți lipicioase de argile.

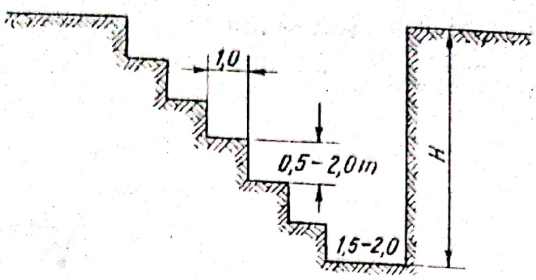


Fig. 83. Secțiune într-un șanț deschis.

c) *Foraje*. Forajele constituie cel mai bun mijloc de cunoaștere a terenului pe care se amplasează construcțiile. Cu ajutorul lor se pot determina precis limitele fiecărui strat.

În practica inginerească se folosesc de obicei aparate manuale de foraj (fig. 84). Acestea pot străbate pînă la adîncimea necesară în construcții și cer utilaj și personal mai puțin calificat.

d) *Penetrare*. Această metodă folosește un con cu bază de 10 cm² și un unghi de vîrf de 60°. Conul este montat pe o tijă care pătrunde într-un tub, cu diametrul exterior egal cu baza conului. Înfigerea conului în teren se

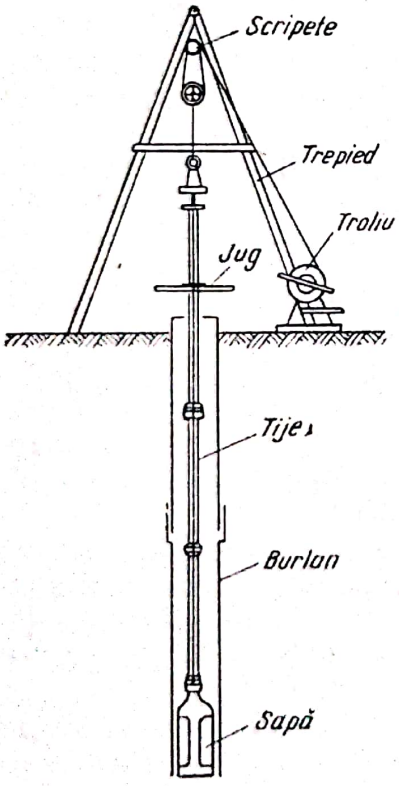


Fig. 84. Aparat manual de foraj.

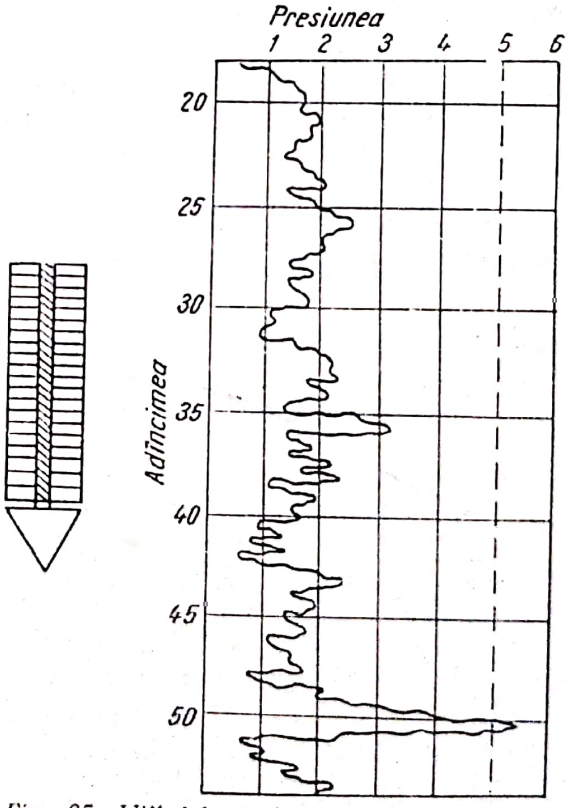


Fig. 85. Utilajul și diagrama de penetrare (după H. Lehr).

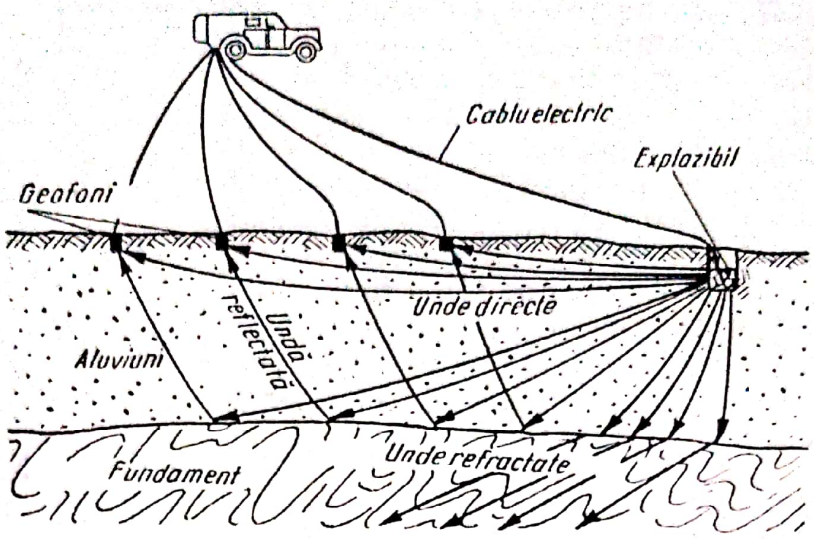


Fig. 86. Dispozitiv pentru producerea și înregistrarea seismelor artificiale.

realizează prin căderea unui berbec pe aparat sau prin aplicarea unei presiuni cu o presă hidraulică.

Rezultatele obținute se trec pe o diagramă (fig. 85), în care în abscisă se notează presiunile exercitate, iar în ordonată adîncimea de pătrundere a conului.

Capacitatea portantă a rocilor cercetate se determină prin măsurarea rezistenței pe care aparatul o înregistrează la străpungere.

e) *Metode geofizice.* Aplicarea metodelor geofizice în cercetarea terenului de fundație dă posibilitatea să se determine repede și economic poziția suprafețelor de demarcație dintre strate, grosimea stratelor, prezența accidentelor tectonice și adîncimea apelor subterane.

— *Metoda seismică* se bazează pe proprietatea rocilor de a propaga, reflecta și refracta undele seismice, produse de explozii artificiale. Undele seismice se propagă cu viteză diferită, în funcție de natura rocilor. Capacitatea de reflecție și refracție a undelor seismice depinde, de asemenea, de natura rocilor.

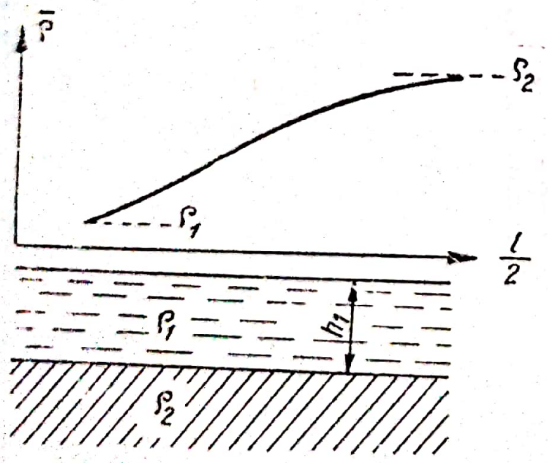


Fig. 87. Profil electric obținut prin sondajul electric vertical SEV:

ρ — rezistivitate specifică aparentă; l — distanța punctului de măsură față de centrul instalației; ρ — rezistivitatea rocilor.

Prin seismica reflecției și refracției se determină adîncimea și poziția stratelor reflectoare și refractoare (fig. 86) repede și precis, fără cheltuieli prea mari.

— *Metoda electrică* se bazează pe variația rezistivității specifice aparente (ρ) a rocilor în adîncime. Rezistivitatea depinde și ea de natura rocilor și a electroliților.

Cînd stratele au un unghi de cădere mic: 10°÷15°, se întrebuințează sondajul electric vertical SEV (fig. 87), dacă stratele sînt puternic înclinate,

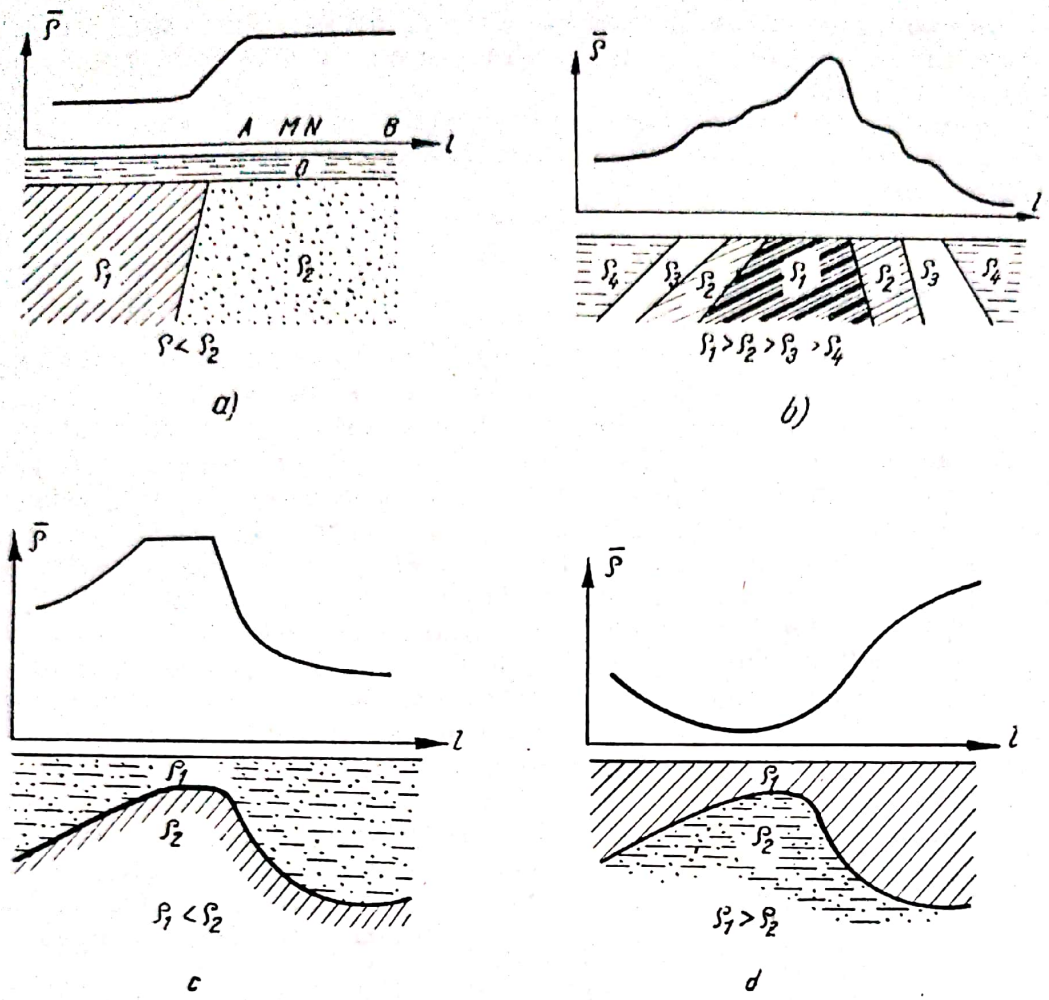


Fig. 88. Profile electrice:
a — falie ; *b* — anticlinal ; *c*, *d* — forme de relief îngropate (după V. A. Sorokin).

și o adîncime de 100÷200 m, se întrebuințează profilele electrice (fig. 88).

Metoda electrică dă indicații prețioase asupra poziției stratelor, determinînd totodată grosimea lor și adîncimea la care acestea se găsesc.

2. CLASIFICAREA TERENURILOR DE FUNDAȚIE

Terenurile care se întîlnesc la fundarea construcțiilor au proprietăți tehnice foarte variate. In funcție de aceste proprietăți terenurile de fundații se împart în :

— *terenuri stîncoase* (roci eruptive, metamorfice și sedimentare tari) ; aceste roci dacă sînt nealterate oferă un fundament foarte rezistent pentru construcții ;

— *terenuri necoezive* (pietrișuri, nisipuri) ; au de obicei proprietăți bune pentru fundații. Excepție fac nisipurile fine și prăfoase, mai cu seamă cînd sînt umezite ;

— *terenuri pseudocoezive* (argile, marne, luturi) ; acestea sînt foarte compresibile în prezența apei. Întrebuințarea lor ca terenuri de fundație depinde de consistență ;

— *terenuri organogene* (turbă, depuneri mlăștinoase și umpluturile artificiale de tot felul) ; fiind foarte compresibile, aceste terenuri nu corespund pentru fundații.

a. Terenurile stîncoase

Din grupa terenurilor stîncoase fac parte rocile eruptive, intrusive (granite, granodiorite, diorite etc.) și efuzive (riolite, dacite, andezite, bazalte etc.), șisturile cristaline (gnaise, amfibolite, micașisturi) și rocile sedimentare tari (conglomerate și gresii cuarțitice, calcare, dolomite etc.).

Pe aceste terenuri condițiile de fundare sînt foarte simple, deoarece rocile care intră în această categorie pot fi considerate practic incompresibile. Cu toate acestea, la fundarea pe terenuri stîncoase se iau unele măsuri de precauție care constau în următoarele :

1) *Verificarea stabilității terenurilor*. Înainte de începerea construcțiilor, în faza cercetărilor tehnico-geologice preliminare, se examinează amănunțit viitorul teren de fundație din punctul de vedere al deplasărilor de teren. Se cercetează dacă nu cumva terenul este alcătuit din blocuri stîncoase prăbușite sau roci stîncoase alunecate pe versanți de-a lungul fisurilor sau suprafețelor de stratificație. În caz că nu se constată asemenea fenomene, se procedează la examinarea poziției fisurilor sau a suprafețelor de stratificație față de panta versanților, deoarece prin amplasarea construcțiilor, cînd fisurile și suprafețele de stratificație nu au o poziție favorabilă, stabilitatea terenurilor se poate distruge.

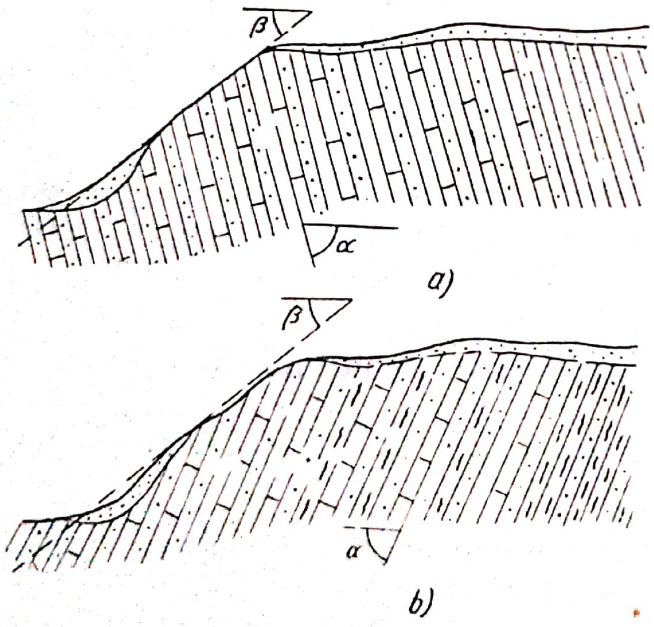


Fig. 89. Versanți stabili :
a — strate înclinate spre interiorul versanților ; *b* — strate înclinate spre exteriorul versanților ; α — înclinarea stratelor ; β — înclinarea pantei versanților.

Amplasarea construcțiilor pe versanți alcătuiți din roci dure stratificate prezintă siguranță numai atunci cînd stratele înclină spre interiorul versanților (fig. 89, *a*), sau cînd stratele înclină în sensul pantei versanților, însă au valoarea înclinării mult mai mare decît panta versanților (fig. 89, *b*).

Versanții alcătuiți din roci dure stratificate cu înclinare spre exteriorul versanților și mai mică decît panta acestora (fig. 90, *a*), precum și versanții alcătuiți din roci a căror înclinare este îndreptată spre interiorul versanților, însă sînt străbătute de fisuri, crăpături în sen-

sul pantei versanților (fig. 90, *b*) sînt instabili. Sub sarcina construcțiilor, stratele de sub fundații pot aluneca, mai ales dacă pe stratificație și crăpături se află material argilos.

2) Dacă *stîncile sînt alterate la suprafață*, se înlătură stratul superficial de alterație, iar fundația se amplasează pe roca sănătoasă, nealterată. Adîncimea de fundare va fi aleasă în așa fel încît fundația să cadă sub planul de îngheț, iar influența umidității să nu se mai facă simțită. În mediile umezite și în regiunile de munte adîncimea minimă de fundare este de 1,50 m, în rest 1,20 m. Altfel, rocile de sub fundații se alterează prin înghețul și dezghețul apei din roci, provocînd tasarea construcțiilor.

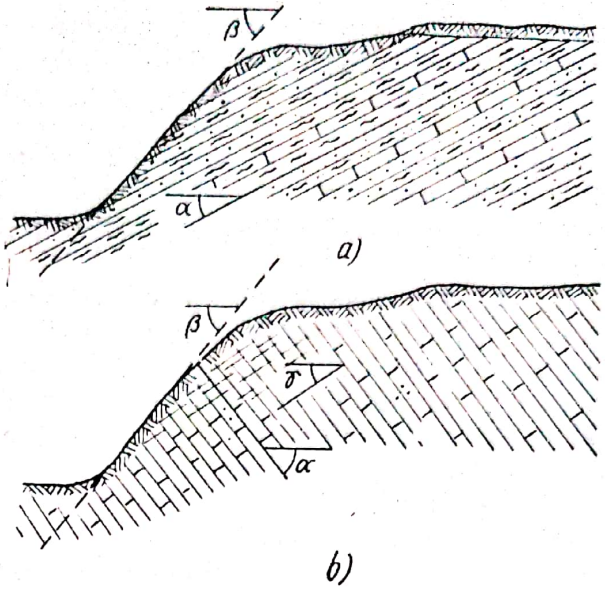


Fig. 90. Versanți instabili :
a — stratele înclină spre exteriorul versanților ; *b* — stratele înclină spre interiorul versanților însă au fisuri înclinate spre exteriorul versanților ; α — înclinarea stratelor ; β — înclinarea pantei versanților ; γ — înclinarea fisurilor.

Înlăturarea stratului superficial de alterație de pe rocile stîncoase se impune cu necesitate, deoarece compresibilitatea stratelor stîncoase alterate este mult mai mare decît a rocilor necoezive, de exemplu a pietrișurilor și a teraselor bine așezate. În plus, tasarea rocilor stîncoase alterate este neuniformă, ceea ce duce la distrugerea construcțiilor.

Pentru exemplificare se pot lua probe de laborator din aceeași rocă stîncoasă alterată și nealterată. Supunînd aceste probe la efortul de compresiune se constată următoarele (fig. 91) :

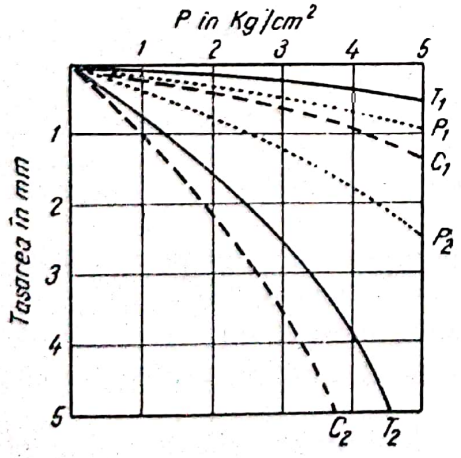


Fig. 91. Variația tasării rocilor în funcție de starea de alterare.

— Probele nealterate arată :
— compresibilitate elastică mare (P_1) ;
— compresibilitate remanentă mică (T_1) ;
— compresibilitate totală (C_1) la 5 kfg/cm², abia atinge 1 mm.
— Probele alterate indică :
— compresibilitate elastică mică (P_2) ;
— compresibilitate remanentă mare (T_2) ;
— compresibilitate totală, mare (C_2), la 5 kgf/cm² peste 5 mm.

În consecință, la fundarea construcțiilor pe roci stîncoase, stratele alterate vor fi întotdeauna înlăturate, iar fundațiile vor fi așezate pe roci stîncoase nealterate, sănătoase.

3) În ceea ce privește *valoarea sarcinii admisibile a terenurilor stîncoase nealte-*

rate, capacitatea lor portantă, aceasta se alege în funcție de caracterele petrografice ale rocilor, gradul lor de fisurare și poziția fisurilor sau a stratelor (în cazul rocilor sedimentare stratificate) față de panta versanților.

Normele românești prevăd pentru terenuri stîncoase puțin fisurate, nealterate, avantajos stratificate, cu rezistență la compresiune mai mică de 50 kgf/cm², o sarcină admisibilă pînă la 10 kgf/cm²; dacă rezistența la compresiune este mai mare de 50 kgf/cm², sarcina admisibilă poate fi ridicată pînă la 15 kgf/cm².

4) *Determinarea întinderii și grosimii stratelor de teren* stîncoase prin foraje. Pentru ca stratele de teren stîncoase să fie utilizate la rezistența la care sînt capabile, este necesar ca acestea să aibă o întindere și o grosime suficientă. La fundarea podurilor s-au întîmplat cazuri cînd printr-un singur foraj la o adîncime oarecare s-a dat de teren stîncos. După executarea construcțiilor, la greutatea admisă de terenul respectiv s-au constatat deformări, care au dus cu timpul la distrugerea construcțiilor. Cercetările amănunțite făcute ulterior au arătat că rocile stîncoase în cauză nu erau decît blocuri de dimensiuni mari, prinse în depozite moi.

5) În cazul cînd *rocile stîncoase sînt solubile* (sare, gips, anhidrid), acestea nu constituie un teren de fundație sigur, decît dacă sînt ferite de apele subterane care le dizolvă.

b. Terenuri necoezive

În această categorie sînt cuprinse grohotișurile, pietrișurile și nisipurile de origine și compoziție foarte variată. Terenurile necoezive oferă de obicei terenuri bune de fundare, capacitatea lor portantă depinzînd de gradul de îndesare, dimensiunile granulelor și poziția acestora.

1) **Grohotișurile,** fiind alcătuite din elemente acumulate prin cădere liberă, sînt de regulă neuniforme și deci prezintă tasări neregulate. În consecință, grohotișurile nu oferă un teren de fundație corespunzător.

2) **Pietrișurile** sînt terenuri sedimentare, formate din fragmente cu dimensiunile cuprinse între 30 și 2 mm. Ele se deosebesc de grohotișuri prin faptul că sînt transportate și depuse de către apele curgătoare. Prin rostogolire pe fundul albiei, elementele mai tari și mai stabile din punct de vedere chimic (cuarțul) se rotunjesc. Altele, cum ar fi elementele provenite din șisturi cristaline, capătă forme plate, care se depun cu dimensiunea mare pe orizontală, iar rocile mai puțin rezistente se dezagregă în particule foarte fine.

După forma granulelor care pot fi bine rotunjite sau mai puțin rotunjite, pietrișurile se prezintă mai afînate sau mai îndesate. De regulă, pietrișurile fiind depuse de rîuri sînt bine îndesate, oferind un teren bun de fundație, mai ales atunci cînd sînt suficient de groase și depuse pe un fundament tare.

Terenuri bune de fundație oferă și depozitele formate din bolovani și pietriș aduși de torenți, conurile de dejecție. Pe asemenea structuri, în regiunile de munte sînt amplasate centre mari de locuit.

Scanned with OKEN Scanner

Datorită golurile mari pe care le conțin, pietrișurile sînt foarte permeabile. Amplasarea construcțiilor pe pietrișuri la nivelul văilor, trebuie să țină seama de efectele subpresiunii apei asupra fundațiilor, la viituri mari ale rîurilor.

3) **Nisipurile** sînt terenuri sedimentare, alcătuite din granule cu dimensiuni cuprinse între 2 și 0,02 mm; mărimea și forma granulelor variază după natura rocilor din care provin; granulele cuarțoase au forme rotunjite, iar altele sînt neregulate, de obicei plate.

Nisipurile amestecate cu pietriș și fără particule argiloase oferă terenuri bune de fundație, dacă sînt bine îndesate, suficient de groase și suportate de un fundament solid.

Nisipurile, ca și pietrișurile, datorită numeroaselor goluri pe care le conțin sînt foarte permeabile. Acest fenomen impune ca la fundarea pe nisipuri să se țină seama de efectul presiunii apei și de natura granulelor de nisip. Nisipurile de origine calcaroasă sînt improprii pentru fundații, deoarece se dizolvă ușor în apele agresive.

Pentru stabilirea capacității portante a terenurilor necoezive este necesar să se cunoască în prealabil:

a) *compoziția granulometrică;* terenurile cu granulație fină, granulele rotunjite și de aceeași mărime au tasare mare și capacitate portantă mică;

b) *compactitatea;* este cea mai importantă caracteristică a terenurilor necoezive. Cu cît terenurile sînt mai îndesate, cu atît tasarea este mai mică și deci capactiitatea portantă este mai mare;

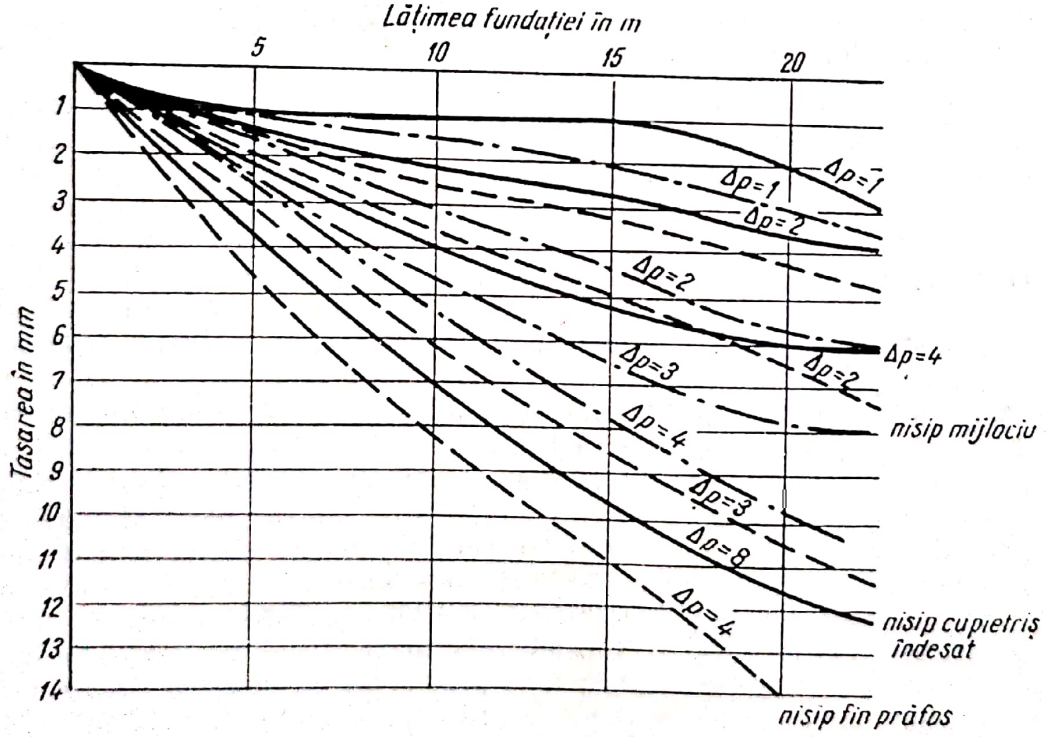


Fig. 92. Variația tasării la nisipuri în funcție de granulometrie, gradul de îndesare și lățimea fundației (după Q. Zaruba și V. Mencl). Δp reprezintă presiunile pe care le exercită construcțiile.

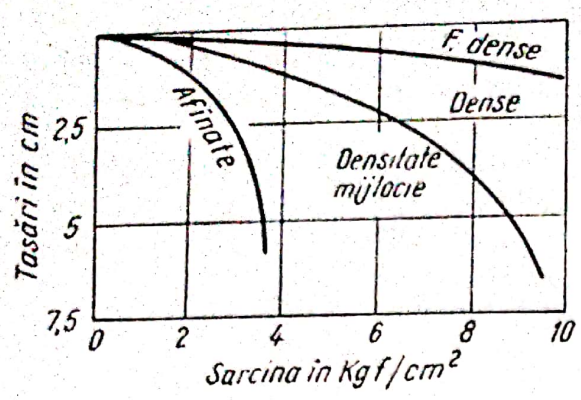


Fig. 93. Clasificarea terenurilor nisipoase funcție de tasare.

c) *unghiul de frecare interioară*; acesta se stabilește prin încercări de laborator. Adesea se determină însă unghiul de taluz natural al rocilor necoezive, prin aruncarea materialului uscat în grămadă. Unghiul de taluz natural al rocilor necoezive este egal cu unghiul de frecare interioară.

d) *nivelul apelor subterane* și limitele între care variază acest nivel interesează în mod deosebit, deoarece dacă apele subterane se găsesc sub presiune micșorează compacitatea și unghiul de frecare interioară și deci capacitatea portantă a rocilor.

e) *coeficientul de permeabilitate* (dacă lucrările se execută sub apă).

Tasarea rocilor necoezive depinde de gradul de îndesare a terenurilor, poziția stratelor și dimensiunile fundației. Tasarea este cu atît mai mare, cu cît terenul este mai fin granulat, mai puțin îndesat și cu cît suprafața fundației este mai mare (fig. 92).

După tasarea pe care o prezintă sub sarcină, terenurile nisipoase se împart în terenuri afînate, de densitate mijlocie, dense și foarte dense (fig. 93).

În funcție de gradul de tasare se stabilește capacitatea portantă a rocilor necoezive. În general, terenurile necoezive, necompactate au următoarele rezistențe admisibile:

— nisip fin și mijlociu, cu boabe cu $\phi < 1$ . . . . . 2 kgf/cm²;
— nisip mare cu diametrul 1—3 . . . . . 3 kgf/cm².
— nisip cu pietriș . . . . . 4 kgf/cm².

c. Terenuri pseudocoezive

În categoria terenurilor pseudocoezive sînt cuprinse argilele, terenurile argiloase sau nisipoase, marnele și luturile.

1) **Argilele** iau naștere prin sedimentarea particulelor cu dimensiuni mai mici de 0,002 mm. În compoziția lor intră ca minerale predominante silicații de aluminiu hidratați, care conferă argilelor următoarele caracteristici:

— *coeziune mare*; particulele argiloase fiind foarte mici și plate au suprafața de contact, în raport cu volumul lor, foarte mare. Din această cauză, acțiunea forțelor intramoleculare este mare, ceea ce face ca particulele argiloase să fie legate între ele, să aibă coeziune;

— *porozitate mare*, cu pori subcapilari; această calitate face ca argilele să absoarbă multă apă, însă în mod practic să nu permită filtrarea ei;

— *capacitate de adsorbție mare*; datorită numeroșilor ioni liberi de Na și K, argilele au mare putere de adsorbție. Unele argile adsorb apă pînă la 700% din greutatea lor și se umflă. Prin uscare, apa se evaporă, argilele se contractă puternic și fisurează;

— *plasticitate;* amestecate cu apă între anumite limite ale conținutului în apă, argilele capătă calități plastice. Plasticitatea argilelor depinde și de raportul dintre conținutul în cuarț și silicații de aluminiu. Argilele care conțin mai mulți silicați de aluminiu — argilele grase — sînt mai plastice decît argilele care au un conținut de cuarț mai ridicat — argilele slabe.

După cum se constată, apa este aceea care determină modul de comportare a argilelor ca terenuri de fundații. În consecință, la fundarea pe argile este necesar să se determine gradul de umiditate și limitele de plasticitate ale acestora.

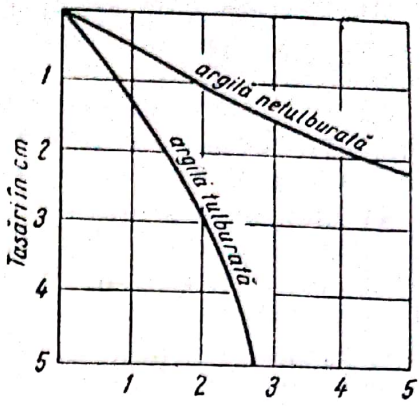


Fig. 94. Variația tasării argilelor în funcție de starea lor.

Pentru aflarea capacității portante a argilelor este necesar să se determine pentru aceste roci rezistența la forfecare și rezistența la compresiune, cu dilatare laterală liberă.

În ceea ce privește rezistența la compresiune a argilelor, aceasta variază în funcție de gradul de frămîntare și de natura petrografică a rocilor.

Argilele netulburate, în stare naturală, au un grad de umiditate mult mai mare decît limita de curgere. Cu toate acestea, rezistența lor la compresiune este mare în comparație cu rezistența la compresiune a argilelor tulburate, pentru același grad de umiditate.

Argilele netulburate suportă sarcini oscilante de 0,5 pînă la 4 kgf/cm², cu deformații remanente pînă la 2%.

Dacă sarcinile oscilează între 0,5 și 6 kgf/cm², după nouă oscilații argilele se tulbură, își pierd structura inițială și ating deformații remanente pînă la 7% (fig. 94). În consecință, argilele au capacitate portantă mare, ele pot servi ca terenuri de fundații, dacă nu sînt tulburate prin batere de piloți sau palplanșe.

Capacitatea portantă mare a argilelor netulburate se datorește structurii lor lamelare. Atît timp cît argilele sînt netulburate, apa se menține între particulele argiloase, iar terenul rezistă la compresiune. În momentul cînd terenul se tulbură, apa iese la suprafață, iar construcția se tasează.

Sensibilitatea argilelor. Raportul dintre rezistența la compresiune a argilelor în stare netulburată și rezistența lor la compresiune după frămîntare poartă numele de sensibilitate.

Cunoașterea sensibilității argilelor este importantă și necesară atunci cînd se construiesc clădiri menite să suporte sarcini vibrante, cum este cazul diferitelor instalații industriale sau construcții hidrotehnice etc.

2) **Terenurile argiloase.** În natură argilele se găsesc amestecate în diferite proporții cu nisip și alte impurități, cu elemente de dimensiuni mai mari, alcătuind așa-numitele terenuri argiloase. Impuritățile, îndeosebi cele nisipoase prin prezența lor în argile anihilează mai mult sau mai puțin, după cum acestea sînt în cantitate mai mare sau mai mică, proprietățile mineralelor argiloase. În felul acesta, terenurile argiloase în comparație cu argilele sînt mai bune pentru fundații.

3) **Marnele** sînt argile care au un conținut ridicat de carbonat de calciu. Se consideră marne argiloase, marnele cu 5% argilă, iar argile marnoase cele cu peste 50% argilă.

Marnele tari, care au ca liant carbonat de calciu, sînt roci bune de fundare. Marnele cu carbonat de calciu ușor alcalin sînt puțin rezistente, deoarece prin dizolvarea carbonatului de calciu terenurile se afînează.

4) **Luturile** sînt argile cu un conținut însemnat de componenți prăfoși și nisip. Acest lucru face ca luturile să nu aibă unele proprietăți nefavorabile ale argilelor, iar infiltrarea apei și, în consecință, modificările în consistența luturilor să fie mai mici și repezi.

Întrebuințarea luturilor ca terenuri de fundație se face în funcție de compoziția lor, care depinde de originea și modul lor de formare.

După origine, luturile sînt de mai multe feluri :

— *luturi eluviale,* care se formează prin alterarea și descompunerea pe loc a rocilor dure. Sînt puțin compresibile și oferă terenuri bune de fundație, deoarece sînt subțiri și așezate pe roci stîncoase ;

— *luturi de coastă,* care se întîlnesc la baza versanților și pe versanți. Din această cauză, luturile de coastă au stratificație aproape paralelă cu panta versanților. Sînt compacte și puțin compresibile, caractere care fac ca luturile de pantă să fie bune ca terenuri de fundații ;

— *luturile aluvionare* sînt depuneri pe albiile minore și majore ale rîurilor mari. Ele sînt așezate în strate orizontale și intercalate cu strate subțiri de nisip. Luturile de terase sînt de obicei compacte și puțin compresibile. Ele oferă terenuri bune pentru fundații ;

— *luturile prăfoase* sînt alcătuite, în general, din particule transportate de vînt și depuse în regiunile de stepă. Prezintă porozitate mare, din care cauză sînt foarte compresibile. Îngheață ușor și în contact cu apa devin curgătoare. Toate aceste caractere fac ca luturile prăfoase să nu fie terenuri bune pentru fundații. Dacă totuși se fundează pe luturi prăfoase, este necesar ca fundațiile să transmită presiuni mici pînă la 1,5 kgf/cm².

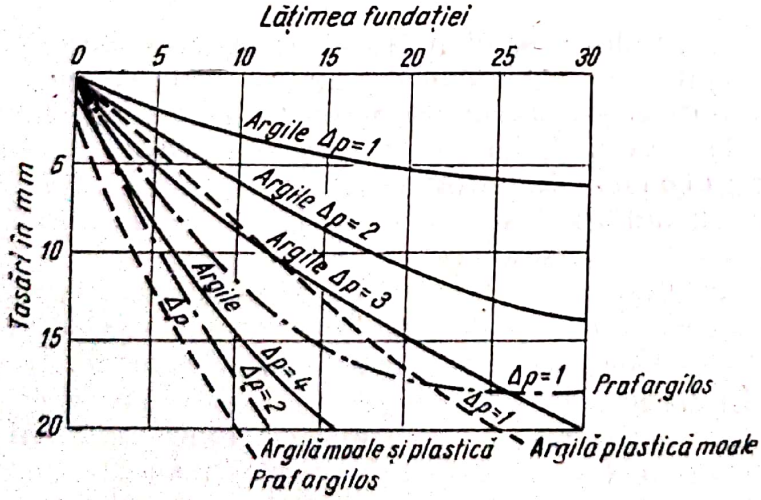


Fig. 95. Variația tasării terenurilor argiloase în funcție de dimensiunea particulelor, conținutul în apă și lățimea fundației :
(după Q. Zaruba și V. Mencl)

In general, terenurile pseudocoezive, argile, marne, luturi etc. sînt foarte compresibile. Tasarea depinde de conținutul în apă și va fi cu atît mai mare, cu cît conținutul în apă va fi mai mare (fig. 95). In consecință, capacitatea portantă a terenurilor pseudocoezive are va-

lori mici, cuprinse între 0 și 5 kgf/cm², după consistența terenurilor :

— terenuri curgătoare — 0 kgf/cm² ;
— terenuri moi — 0,4 kgf/cm² ;
— terenuri vîrtoase — 0,8 kgf/cm² ;
— terenuri semitari — 1,5 kgf/cm² ;
— terenuri tari —3 kgf/cm² ;

d. Terenuri organogene

In grupa terenurilor organogene sînt cuprinse pămîntul vegetal, mlaștinile și umpluturile artificiale de tot felul, care se află în jurul centrelor populate.

1) **Pămîntul vegetal** este un amestec natural de roci dezagregate și humus, rezultat prin descompunerea plantelor în afara contactului cu oxigenul din aer.

La fundarea construcțiilor, pămîntul vegetal este îndepărtat întotdeauna, deoarece, fiind foarte afînat, prezintă tasări mari și neregulate. In plus, acizii humici pe care îi conține atacă mortarul și betonul blocului de fundație.

2) **Mlaștinile** se formează prin descompunerea plantelor de apă. Privite ca terenuri de fundație, mlaștinile nu pot fi utilizate, deoarece sînt afînate și produc tasări mari și inegale. La fundarea construcțiilor, la rambleerea drumurilor și căilor ferate, mlaștinile sînt îndepărtate.

3) **Umpluturile artificiale** din jurul centrelor populate sînt de asemenea terenuri necorespunzătoare pentru fundații. Fiind alcătuite din materiale diferite și neregulat așezate, sînt afînate și dau tasări mari. In legătură cu ele pot apărea ape agresive pentru betoane. Cercetarea umpluturilor artificiale se limitează numai la stabilirea grosimii lor, iar terenul bun pentru fundație trebuie căutat sub ele.

In concluzie, terenurile organogene nu sînt corespunzătoare ca terenuri de fundație. La fundarea construcțiilor de orice fel, terenurile organogene sînt întotdeauna îndepărtate.

3. STUDIUL REZISTENȚEI TERENULUI

a. Tasarea naturală a terenului

Mediul geologic natural, terenurile, se prezintă sub diferite stări de îndesare. De obicei, la suprafață terenurile sînt afînate, și cu cît se merge în adîncime ele se prezintă mai dense. Această îndesare sau tasarea naturală se datorește apelor de infiltrație și greutății terenurilor, sau sarcinii geologice.

Pentru determinarea tasării pămînturilor în mod natural s-au făcut numeroase cercetări. Așa, de exemplu, cercetarea terenurilor argiloase proaspete, netasate și tasate sub influența umezelii a stabilit rezultatele din tabela 12.

Tabela 12

Tasarea naturală a terenurilor

Adîncimea de la suprafață, în m	Porozitatea %		Tasare pe verticală
	Săpătură tasată	Săpătură netasată	
0— 2	40,6	47,4	12,9
2— 4	41,8	50,5	17,6
4— 6	40,4	47,1	12,7
6— 8	41,6	44,2	4,7
8—13	38,3	39,5	2,0

Analizînd tabela 12, se constată că tasarea naturală se realizează prin micșorarea porozității rocilor și scade cu adîncimea. Pentru calculul tasării naturale se poate folosi relația :

$$T = \frac{n - n_1}{1 - n},$$

în care :

T este înălțimea tasării, în mm ;
n — porozitatea pămîntului netasat ;
n_1 — porozitatea pămîntului tasat.

Tasarea naturală mai poate fi determinată și cu ajutorul indicelui de tasare :

$$I_t = \frac{W_c - W_{sat}}{I_p},$$

unde :

W_c este umiditatea limitei de curgere ;
W_{sat} — umiditatea de saturație ;
I_p — indicele de plasticitate.

b. Tasarea terenurilor sub fundații

Construcțiile, prin greutatea proprie și încărcările pe care le suportă, produc pe suprafețele încărcate și în imediata lor vecinătate deformații, care poartă numele de tasări. Cînd aceste tasări au valori care nu dăunează construcțiilor, se spune că terenul poate suporta sarcina aplicată. In cazul cînd tasările sînt prea mari și provoacă distrugerea construcțiilor, se poate vorbi de ruperea terenului de fundație. Sarcina care produce ruperea se numește sarcina limită. Raportarea ei la unitate de suprafață reprezintă capacitatea portantă a terenului respectiv.

Sarcinile construcțiilor sînt transmise la teren prin intermediul fundațiilor. Acestea se pot clasifica din mai multe puncte de vedere printre care :

a) După întinderea lor sub construcții :

— *fundații izolate,* care sînt în general situate sub fiecare stîlp al construcției, transmițînd sarcini izolate pe suprafețe mici ;

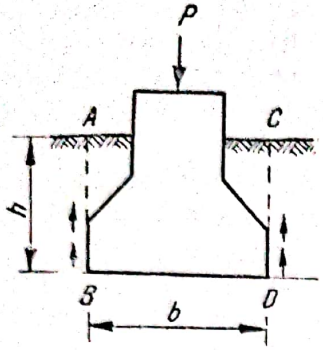


Fig. 96. Fundații de mică adîncime.

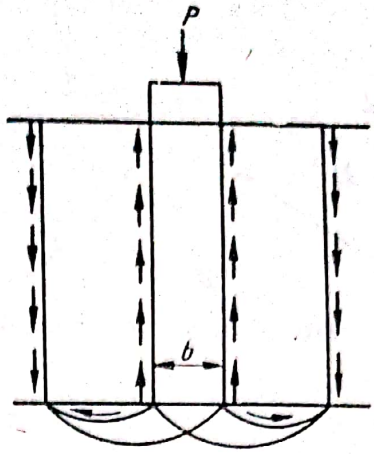


Fig. 97. Fundații de mare adîncime.

— *fundații continue*, care se întind neîntrerupt sub mai mulți stîlpi, sub fiecare zid, sau sub toată construcția, sarcinile fiind transmise pe suprafețe mari.

b) După adîncimea de fundare :

— *fundații de suprafață* sînt fundațiile care reazemă direct pe terenul rezistent (fig. 96), situat la o adîncime relativ mică (cîțiva metri) ; deoarece în acest caz fundațiile transmit sarcinile direct terenului bun de fundare, se mai numesc și fundații directe ;

— *fundații de adîncime* sînt fundațiile care se execută în cazul cînd terenul bun de fundare se găsește la adîncime mare (fig. 97), astfel că pentru transmiterea sarcinilor sînt necesare construcții speciale, ca : puțuri, piloți, chesoane.

Ruperea terenurilor sub fundații. Considerăm o fundație continuă cu lățimea $2b$ și lungimea nedefinită (fig. 98). Sub sarcina uniform repartizată pe toată lățimea fundației, în interiorul masei de teren iau naștere forțe care se dirijează pe anumite plante și curbe. După intensitatea lor, aceste forțe pot fi repartizate în trei sectoare ; *I, II, III*. Dintre acestea, sectorul I este cel mai important, întrucît, în cadrul lui, sub fundație se întîlnesc eforturile principale. Acestea au tendința de împingere laterală pe liniile de lunecare drepte *AC* și *BC*, înclinate față de orizontală cu un unghi de $45° + \varphi/2$. De-a lungul acestor linii, prisma de pămînt *ABC* încearcă să se deplaseze, exercitînd presiuni laterale active. Presiunile laterale active sînt preluate de masivele de pămînt *ACD* și *BCE*, care

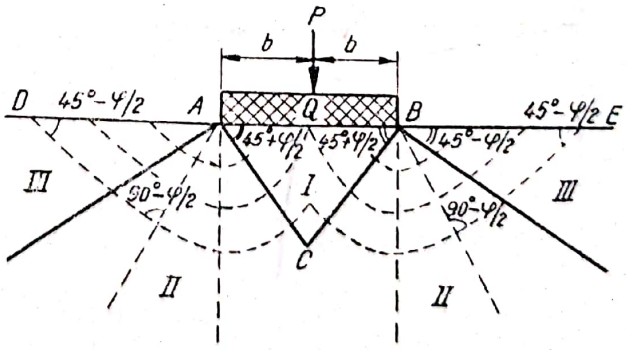


Fig. 98. Repartizarea eforturilor sub fundații.

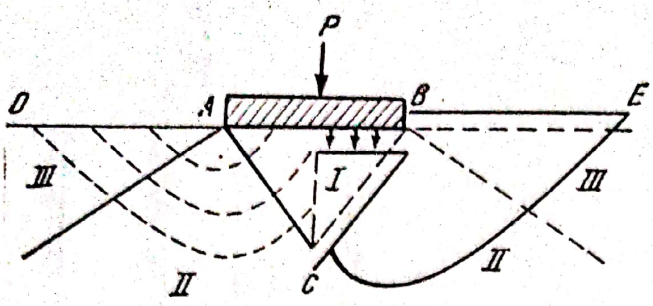


Fig. 99. Cedarea terenului sub fundații.

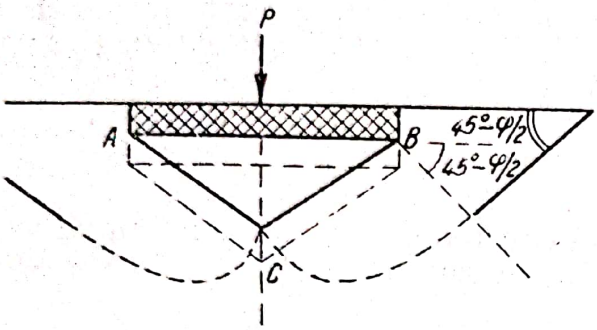


Fig. 100. Pana de pămînt care ajută la despicarea terenului.

exercită împingeri pasive pe suprafețele *BC* și *AC*. Dacă presiunile laterale active nu depășesc pe cele pasive, terenul de sub fundații este în stare de echilibru. În momentul cînd presiunile pasive sînt depășite, masivele de pămînt *ACD* și *BCE* se dislocă în sus și terenul sectorului *I* cedează lateral (fig. 99), iar fundația eșazată pe el se afundă.

Răspîndirea laterală a terenului din sectorul 1 se întîmplă numai dacă între teren și fundație nu apar forțe de frecare, cum este cazul terenurilor moi, cu unghi de frecare interioară redus. De obicei, cînd se produce ruperea, pe talpa fundației mai rămîne o parte de pămînt *ABC* (fig. 100), care aderă la fundație și se scufundă o dată cu aceasta, despicînd terenul ca o pană. În acest caz sîntem în prezența unei ruperi generale a terenului de fundație. Fenomenul se produce de obicei brusc, iar scufundarea construcției poate fi simetrică sau disimetrică, după felul cum acționează forțele.

Ruperea generală a terenului sub fundații se produce la rocile puțin compresibile, care prin încercările de laborator dau tasări proporționale cu sarcina care se aplică, pînă în momentul cînd are loc ruperea, cînd tasarea înregistrează o creștere bruscă (fig. 101). De asemenea, ruperea generală poate avea loc în terenurile afectate de falii.

În cazul cînd fundațiile sînt amplasate pe terenuri puternic compresibile, ca, de exemplu, argilele, de la început se înregistrează tasări mari, cu

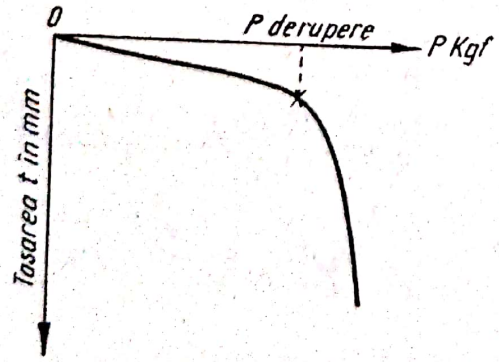


Fig. 101. Ruperea terenurilor puțin compresibile.

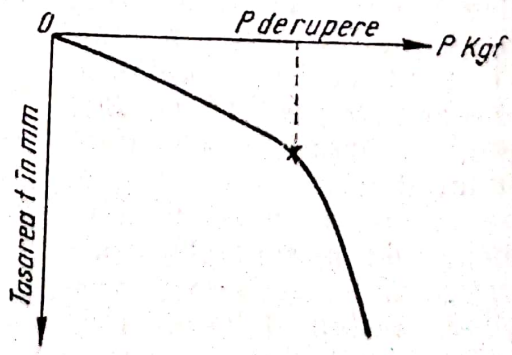


Fig. 102. Ruperea terenurilor puternic compresibile.

Scanned with OKEN Scanner

tendință mai accentuată de la o anumită valoare a sarcinii în sus. În acest caz, ruperea terenului are loc în momentul cînd tasarea devine mai accentuată (fig. 102).

Tasarea terenurilor sub fundații nu depinde numai de sarcina care se aplică, ci și de forma și mărimea suprafeței de încărcare. În general, tasarea sub fundații izolate (pătrate, circulare etc.) este de două ori mai mare față de tasarea produsă sub fundații continue.

c. Calculul tasărilor probabile

Sub sarcinile date de construcții, terenurile de fundație poroase se tasează. Determinarea valorii tasării în funcție de încărcare trebuie făcută cu precizie pentru toate construcțiile importante, ca dimensiuni și încărcări.

Pentru calculul tasărilor probabile ale fundațiilor construcțiilor, conform STAS 3300/952, sînt necesare următoarele date:

— diagrama variației sarcinii geologice G_z sub planul de fundare, pe adîncimea zonei influențate de sarcina construcțiilor, adică pe adîncimea zonei active;

— diagrama variației eforturilor unitare verticale P_z la adîncimea Z, datorită încărcării transmise de construcții pe planul de fundare;

— curbele de compresiune-tasare ale rocilor compresibile din succesiunea stratelor zonei active;

— profilul geologic al zonei active la adîncimea Z.

1) *Sarcina geologică* sau presiunea litostatică G_z reprezintă efortul unitar vertical, în kgf/cm², sub talpa fundației, dat de greutatea rocilor aflate între talpă și cota terenului natural.

Sarcina geologică G_z într-un punct la adîncimea Z (în m) sub cota terenului natural se determină cu relația:

$$G_z = \frac{1}{10}\gamma_a Z.$$

În cazul că adîncimea Z se află sub nivelul hidrostatic al apelor subterane, la evaluarea sarcinii geologice, pentru zona situată sub acest nivel, se va lua în considerație greutatea specifică aparentă medie a rocilor submerse γ_{as} care se obține din relația:

$$\gamma_{as} = (1 - n)(\gamma - 1).$$

Cunoscînd variația sarcinii geologice în adîncime, se construiește diagrama acesteia ca în figura 103.

2) *Efortul unitar vertical* p_z la adîncimea Z, transmis la construcție pe planul de fundare se calculează în funcție de forma și dimensiunile fundației:

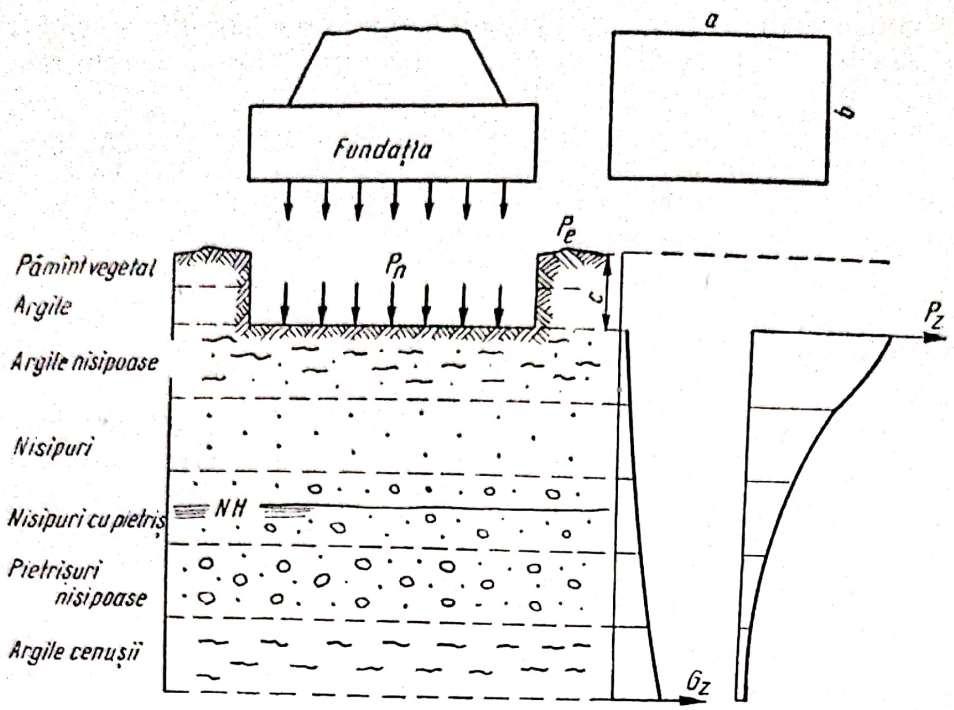


Fig. 103. Diagramele sarcinii geologice G_z și a efortului vertical P_z în raport cu adîncimea.

— pentru fundații dreptunghiulare izolate (stîlpi) sau continue (ziduri), valorile P_z se calculează cu relația :

$$P_z = \alpha P_n,$$

în care :

α este un coeficient a cărui valoare se ia în funcție de raportul a/b, dintre lungimea și lățimea fundației, și de raportul c/b, dintre adîncimea planului orizontal sub talpa fundației c și dimensiunea minimă în plan a fundației b ;

P_n — presiunea netă, rezultată din diferența dintre presiunea efectivă P_e și sarcina geologică G_z a rocilor din groapa de fundație, cu adîncimea Z.

$$P_n = P_e - G_z = P_e - 1/10\,\gamma_a Z.$$

Pentru fundații în forma unor poligoane regulate, P_z se calculează în același fel :

$$P_z = \alpha P_n,$$

cu deosebirea că $\alpha = \sqrt{S}$, în care S reprezintă suprafața tălpii fundației. Pentru fundații circulare α se ia în funcție de raportul R/Z, în care R este raza secțiunii circulare. De obicei, valorile lui α sînt date în tabele speciale.

Valorile presiunii unitare verticale P_z pe grosimea zonei active se reprezintă grafic ca în figura 103.

Curbele de compresiune-tasare ale rocilor compresibile reprezintă relația dintre presiunea P, în kgf/cm², aplicate pe probe în edometre, și deformația specifică relativă, luată în procente sau în cm.

Scanned with OKEN Scanner

Profilul geologic al zonei active se întocmește pe baza forajelor executate în zona construcțiilor.

Mărimea tasării specifice a unui strat de roci situat la adîncimea Z se determină cu formula :

$$\Delta H = He_{pz},$$

în care :

ΔH este tasarea specifică, în cm ;
H — grosimea stratului de roci, în m ;
e_{pz} — diferența dintre doi moduli de tasare, primul corespunzînd efortului însumat (cel repartizat în teren, plus cel dat în sarcina geologică), iar al doilea, corespunzător efortului dat de sarcina geologică (STAS 3300-52).

Tasarea totală $\sum \Delta H$ se obține însumînd tasările tuturor stratelor din zona activă a fundației.

Pentru prevenirea tasărilor prea mari, în regiunile alcătuite din depozite loessoide sau alte roci susceptibile de tasare se pot lua următoarele măsuri :

— Înlăturarea staționării apelor de precipitații de pe suprafețele destinate construcțiilor. In acest scop se nivelează terenul din jurul construcțiilor, se compactează, se pavează, sau se acoperă cu asfalt, pentru a asigura scurgerea totală a apelor de precipitații.

— Interzicerea săpării de puțuri sau gropi în apropierea construcțiilor pentru absorbirea apei. Dacă totuși aceste lucrări sînt necesare, se vor impermeabiliza pereții și fundul.

— La canalizare vor fi utilizate conducte din materiale rezistente (fontă, oțel, beton armat), iar rosturile lor vor fi etanșe. Conductele de apă și canalizare se vor executa la 10÷20 m departe de construcții și se vor plasa în galerii betonate, care să permită evacuarea apei în cazul defectării construcțiilor.

— Construcțiile cu întindere mare se vor prevedea cu rosturi suficiente pentru tasări, care să împartă construcția în părți rigide.

— Sarcinile transmise de construcții nu vor depăși presiunile admisibile, mai ales cînd rocile sînt umede în permanență.

4. ÎMBUNĂTĂȚIREA TERENURILOR PENTRU FUNDAȚII

In cazul cînd terenurile de fundație dau tasări mari și neregulate, iar construcțiile trebuie amplasate pe aceste terenuri, se procedează la îmbunătățirea calității acestora. Imbunătățirea calității terenurilor de fundație se realizează prin :

— îndesare artificială sau compactare ;
— injectare cu lianți ;
— drenarea apei din roci ;
— înghețarea terenurilor.

a. Indesarea artificială

Are drept scop tocmai micșorarea volumului porilor din terenuri, deci micșorarea tasării și mărirea capacității portante a terenurilor.

Indesarea terenurilor se face folosind maiurile de mînă sau mecanice, vibratoare etc., în funcție de dimensiunile fundației. Cu aceste aparate, înainte de începerea lucrărilor de fundație se îndeasă bine terenul pe toată suprafața gropii de fundație. Indesarea artificială a terenului este indicată mai ales atunci cînd se fundează pe loessuri și terenuri loessoide. Această metodă se aplică curent în construcția căilor de comunicație (drumuri și căi ferate).

In cazul rambleelor, pămîntul de umplutură se așază în strate orizontale, groase de 30÷50 cm. Fiecare strat este comprimat cu ajutorul tăvălugului tras de oameni sau de animale, sau cu compresoare-rulouri. Pentru ca îndesarea umpluturilor să fie cît mai aproape de cea naturală, terenul trebuie să aibă un anumit grad de umiditate, numit coeficient optim de umiditate.

Gradul de îndesare a umpluturilor se constată prin mărirea greutății volumetrice sau prin micșorarea cifrei porilor.

b. Injectarea cu lianți

Injectarea lianților în porii rocilor se face în scopul măririi consistenței terenurilor. Ca material de injecție se folosește cimentul, soluțiile de silicați, bitumul și suspensiile argiloase.

1) *Injectarea cu ciment* se aplică terenurilor ale căror particule se lasă legate cu ciment. Cele mai indicate sînt rocile cu granule uniforme și goluri relativ mari, cum sînt nisipurile și pietrișurile.

In cazul nisipurilor fine se fac injecții numai cu lapte de ciment, deoarece întrebuințarea mortarului de ciment nu dă rezultate. Nisipurile fine lucrează ca un filtru care reține particulele de ciment și lasă să treacă numai apa curată.

Injecțiile de ciment se fac de obicei atunci cînd construcția executată suferă tasări ulterioare, datorită antrenării nisipurilor sau pietrișurilor de către curenții de apă. Trebuie avut însă în vedere ca apele să nu conțină săruri care împiedică întărirea cimentului și să nu fie agresive.

2) *Silicatizarea* se folosește atunci cînd terenul de fundație are porii fini și conține ape agresive. Se introduce o soluție de silicat de sodiu în concentrație de 20%, care alungă apa din porii rocilor și precipită în jurul granulelor de nisip un gel de acid silicic, care le cimentează, formînd gresii silicioase asemănătoare celor naturale.

Substanțele care compun soluția de silicat de sodiu și reacțiile care au loc sînt următoarele:

$$Na_2O \cdot SiO_2 + NaCl + SO_4Ca + H_2O \rightarrow SiO_2H_2O + SO_4Na_2 + NaCl + Ca(OH)_2$$

In felul acesta, golurile rocilor se umplu complet, iar permeabilitatea terenurilor injectate devine practic nulă. Chiar loessurile se întăresc prin silicifiere și devin perfect impermeabile.

Injectarea cu soluții de silicați de sodiu este folosită la întărirea nisipurilor sub apă.

Scanned with OKEN Scanner

3) *Injectarea cu bitum.* Injectarea terenului de fundație cu bitum se folosește pentru colmatarea golurilor și fisurilor mari din rocile stîncoase, în special calcaroase.

Bitumul întrebuințat pentru injectare trebuie să fie curat, fără parafină, să se topească la temperaturi scăzute și să rămînă plastic în stare răcită.

La injectare, bitumul se încălzește la temperaturi ridicate, pentru a fi foarte fluid, ca să poată pătrunde ușor în toate fisurile și la distanță mare.

4) *Injectarea cu suspensie de argilă.* Pentru umplerea porilor și a fisurilor din rocile stîncoase, ca și pentru terenurile nisipoase, se întrebuințează și suspensiile argiloase de bentonite și montmorillonite. Dacă procurarea acestora este costisitoare, pot fi întrebuințate argilele din apropierea construcțiilor, cu condiția ca acestea să conțină cel puțin 15% aluminiu și 40% siliciu.

Argilele, în general, au proprietăți potrivite ca material de injectare, deoarece :

— formează dispersii foarte diluate ;

— dimensiunea coloizilor de argilă este mai mică față de a coloizilor cimentului ;

— coagulează ușor, dacă li se adaugă un electrolit ; de obicei se introduce sulfatul de aluminiu, 5÷10 g de SO_4Al la 11 g de suspensie, cu densitatea de 1,06 ;

— au efect coeziv, dacă se adaugă terenurilor necoezive ;

— nu sînt atacate de apele agresive ;

— impermeabilizează terenurile permeabile în măsură pronunțată ;

— pot fi procurate ușor și la preț de cost redus.

c. Drenarea terenurilor de fundație

Imbunătățirea terenurilor de fundație se poate realiza și prin împiedicarea pătrunderii sau staționării apelor în terenurile care-și schimbă proprietățile, atunci cînd vin în contact cu apa.

Drenarea apelor din terenuri se poate face prin :

— rigole și drenuri (v. deplasări de teren);

— curent electric.

Drenarea apelor cu ajutorul curentului electric are la bază fenomenul de electroosmoză. Se introduce în teren o diafragmă poroasă și se creează o diferență de potențial între cele două compartimente. Se constată că apa filtrează prin diafragmă, debitul apei care curge datorită presiunii electroosmotice fiind :

$$Q = \frac{P\rho D}{4\pi n} CS,$$

în care :

P este potențialul electrocinetic ;

ρ — rezistivitatea lichidului ;

D — constanta dielectrică a lichidului ;

n — coeficient de viscozitate ;

C — cantitatea de curent pe unitatea de secțiune ;

S — secțiunea diafragmei poroase.

d. Înghețarea terenurilor

Metoda de înghețare a terenurilor este folosită în construcții pentru formarea unei zone rigide în jurul excavațiilor, în cazul cînd se fac săpături înguste și la mare adîncime (puțuri de mină) în terenuri acvifere. Din această cauză, înghețarea terenurilor nu poate fi socotită ca o metodă de îmbunătățire a terenurilor de fundație.

Pentru obținerea înghețării terenului în jurul săpăturii se execută o serie de foraje, în care se introduc tuburile de înghețare. Acestea sînt închise la partea inferioară și au diametrul de 15÷25 cm. În interiorul tuburilor de înghețare se introduc tuburile de coborîre, cu diametrul de 10÷15 cm.

Tuburile de înghețare și cele de coborîre sînt legate la un tub colector, care comunică cu mașina de înghețare și cu o pompă. Lichidul frigorific — un amestec de 0,85% $CaCl_2OH$, 10% $MgCl_2OH$ și 5% alcool metilic, cu punct de înghețare la —55°C — intră prin tuburile de coborîre cu viteză de 50÷70 cm/s, urcă prin tuburile de înghețare cu viteză 3÷5 cm/s și se întoarce la mașina de înghețat.

Răcirea lichidului frigorific are loc în mașina de înghețare, care lucrează fie pe bază de amoniac, cînd se produce scăderea temperaturii la —26°C, fie pe bază de acid carbonic, care scade temperatura lichidului pînă la —55°C.

5. APELE SUBTERANE

După caracterele chimice pe care le prezintă, apele subterane se împart în: ape dulci și ape mineralizate.

a) *Apele dulci* se întîlnesc în regiunile constituite din șisturi cristaline, unde apele de precipitație nu au posibilitatea să se îmbogățească în elemente minerale. In schimb au CO_2, care este foarte periculos pentru betoane, chiar în cantități mici. Cu ajutorul CO_2, apele dulci dizolvă CO_3Ca din betoane, ducînd cu timpul la dezagregarea acestora.

b) *Apele mineralizate* sînt foarte periculoase atît pentru construcțiile de beton cît și pentru cele de oțel. Apele sulfuroase, de exemplu, prin contactul cu betonul produc dizolvarea hidroxidului de calciu, a silicaților și aluminaților, cu formarea de gips, sulfați și aluminați de calciu. Aceste săruri legînd numeroase molecule de apă își măresc considerabil volumul. Se formează numeroase cristale mici, care descompun mortarul de ciment și îl transformă într-o masă grezoasă.

După cum se constată, apele subterane constituie un dușman serios al lucrărilor de construcție. De aceea, după constatarea existenței lor pe amplasamentul construcțiilor se impune studiul condițiilor hidrogeologice și al proprietăților chimice ale apelor subterane; acest studiu trebuie să stabilească:

— dacă apele sînt subterane sau provin din infiltrații din canale sau apeducte;

— dacă apele sînt staționare sau circulă;

— dacă apele sînt sub presiune sau au curgere liberă;

Scanned with OKEN Scanner

— poziția și grosimea stratelor acvifere ;
— adîncimea nivelului apelor subterane : dacă nivelul apelor subterane este sub talpa fundațiilor și nu influențează compactitatea rocilor, studiul lor nu este necesar ;
— debitul apelor, posibilitatea de deviere sau de coborîre a nivelului apelor subterane în timpul executării lucrărilor ;
— proprietățile chimice ale apelor subterane ; dacă apele sînt agresive sau există posibilitatea ca acestea să devină agresive (piritele dau ape sulfuroase, mlaștinile au acizi humici), se iau măsuri pentru protejarea fundațiilor.

B. LOESSURILE DIN ROMÂNIA PRIVITE CA TERENURI DE FUNDAȚII

Loessurile sînt terenuri formate prin depuneri eoliene de praf silicios și argilos. Au culoare galbenă-deschis și prezintă numeroși pori, de 2÷3 mm diametru, din care cauză sînt ușoare. Existența porilor poate fi dovedită punînd o bucățică de loess într-un pahar cu apă ; după cîtva timp se observă numeroase bule de aer, aerul fiind îndepărtat din rocă prin pătrunderea apei în pori.

Loessurile sînt slab cimentate printr-un liant calcaros. Ele prezintă o structură afînată, avînd goluri în formă de canale verticale, cu secțiunea circulară, și care se presupune că reprezintă spațiile libere rămase prin putrezirea tijelor de graminee.

Datorită liantului calcaros, terenurilor loessoide se mențin în maluri verticale pe înălțimi mari. Apele de precipitație pot însă să spele liantul, provocînd tasarea loessurilor.

Sub influența apei de precipitație, loessurile superficiale se decalcifiază, iar golurile se umplu cu un material argilos. Carbonatul de calciu dizolvat este concentrat la partea inferioară a loessurilor, formînd concrețiuni numite păpuși de loess, iar la partea superioară se formează un teren care poartă numele de lut de loess.

Loessurile sînt terenuri formate numai în cuaternar și constituie în ținuturile de stepă depozite foarte dezvoltate. Ele alcătuiesc o aureolă periferică întinderii glaciațiunii cuaternare și se întîlnesc din Europa pînă în Asia Centrală, unde în nordul Chinei ating grosimi considerabile, de circa 400 m.

La noi în țară, loessurile constituie formațiunea cu cea mai mare răspîndire, acoperind aproape 1/4 din teritoriu ; se întîlnesc în Podișul Moldovenesc și Cîmpia Română, pînă în Oltenia și Dobrogea, în unele părți din Transilvania, Banat și Crișana.

Din punct de vedere granulometric, loessurile din țara noastră sînt alcătuite în general din :

— nisip cu granule de 0,2 mm . . . . . 1÷2 % ;
— nisip cu granule de 0,2 pînă la 0,02 mm . . . . . 5÷10% ;
— praf cu elemente de 0,02 pînă la 0,002 mm . . . . . 70÷80% ;
— argilă cu elemente de 0,002 mm . . . . . 15÷20% ;
— calcar . . . . . 5÷10% ;

Analiza granulometrică a loessurilor pe regiuni arată că proporția de pulberi fine față de fragmentele nisipoase crește de la est către vest. In felul acesta, loessurile din regiunea București sînt mai bogate în argilă decît cele din Dobrogea. Din punct de vedere mineralogic, nisipul și praful sînt alcătuite din granule de cuarț, feldspat, mică, argilă și calcar.

In ceea ce privește calcarul, se constată că toate loessurile îl conțin sub formă de pulberi fine, în procente variabile. Fiind solubil în apele de precipitații încărcate cu CO_2, calcarul este dizolvat și depus la oarecare adîncime în masa loessurilor, cimentîndu-le granulele.

Gradul de cimentare a loessurilor variază de la regiune la regiune, în funcție de cantitatea de precipitații. Astfel, în Dobrogea, unde cantitatea de precipitații abia atinge 400 mm anual, cimentarea loessurilor este mai slabă și pe adîncime mică față de regiunea București, unde media precipitațiilor este de 500 mm anual.

Starea de cimentare a loessurilor este în strînsă legătură cu însușirile geotehnice ale acestor terenuri. Din punctul de vedere al cimentării și al comportării sub sarcini se pot stabili patru categorii de loessuri, cu proprietăți diferite ca terenuri de fundații.

1) *Loessuri necimentate sau cu cimentație incipientă.* Acestea se întîlnesc în stepele aride, cu precipitații de 300÷400 mm anual. Loessurile sînt foarte friabile și nu au granulele cimentate cu calcar, și nici concrețiuni pînă la mărimea unui bob de mazăre.

Loessurile din această categorie sînt slabe ca terenuri de fundație, suportă presiuni pînă la 0,750 kgf/cm². Exemplu, loessurile din regiunea Medgidia.

2) *Loessuri cu cimentare slabă.* Se întîlnesc în regiuni cu precipitații de 450÷500 mm anual. Pe adîncime de 2÷3 m de la suprafață prezintă concrețiuni calcaroase de mărimea unei alune, iar vegetalele sînt tapițate cu o pulbere fină de calcar. Fenomenul se explică prin absorbția apei de către plante, cu depunerea $CaCO_3$ în jurul rădăcinilor.

Capacitatea portantă a loessurilor slab cimentate este în jurul a 1 kgf/cm². Astfel sînt loessurile din cîmpia Brăilei, Călmățuiului și loessurile din împrejurimile localității Mărculești.

3) *Loessurile cimentate.* Au culoare cenușie-deschis, cu nuanțe galbene. Opun rezistență la sfărîmare. Puse în apă se dezagregă greu. Au canalele tapițate cu mai mult calcar, care uneori formează tubușoare cu aspect vermicular. Conțin concrețiuni calcaroase de mărimea unei nuci, pînă la aceea a unui pumn. Solul pe aceste loessuri nu face efervescență pînă la adîncimea de 60÷90 cm, loessurile fiind lemnificate.

Capacitatea portantă a loessurilor cimentate este de 1 pînă la 2 kgf/cm². De exemplu, loessurile din partea de vest a Bărăganului.

4) *Loessurile din zona împădurită a Cîmpiei Române.* Au la suprafață un sol brun-negricios, care nu face efervescență cu acizii pînă la adîncimea de 1,75 m. Sub acesta se găsesc loessuri foarte bine cimentate, cu păpuși de loess de 5 pînă la 15 cm lungime, răspîndite pe adîncimea de 1÷1,5 **m.**

Capacitatea portantă a loessurilor cimentate este de 1 pînă la 2 kgf/cm². fără deformații prea mari. Exemplu, loessurile de platouri din regiunea

București. Superioritatea loessurilor din regiunea București se explică prin faptul că acestea sînt mai bogate în argilă. Imbogățirea este de natură primară și secundară, ultima datorîndu-se migrării argilei de la suprafață spre adîncime, cu deosebire pe porțiunile în care calcarul a fost levigat. Pe de altă parte, în regiunea București se află și un sol îngropat sub primul strat de loess, care este lemnificat.

În concluzie, loessurile din țara noastră sînt considerate ca terenuri bune de fundații. Totuși, trebuie spus că loessurile suferă tasări mari și neuniforme sub acțiunea infiltrațiilor permanente de apă, fapt care provoacă dificultăți serioase inginerilor constructori.

Scanned with OKEN Scanner

CĂI DE COMUNICAȚIE

A. GENERALITĂȚI

Căile de comunicație — drumurile și căile ferate — sînt zone de teren special amenajate, menite să asigure circulația lesnicioasă a vehiculelor și a oamenilor între diferite localități. Normele după care se construiesc și întrețin căile de comunicație poartă numele general de tehnică rutieră.

1. ELEMENTELE CĂILOR DE COMUNICAȚIE

In general, căile de comunicație sînt alcătuite din următoarele elemente: suprastructură, infrastructură și accesorii (fig. 104).

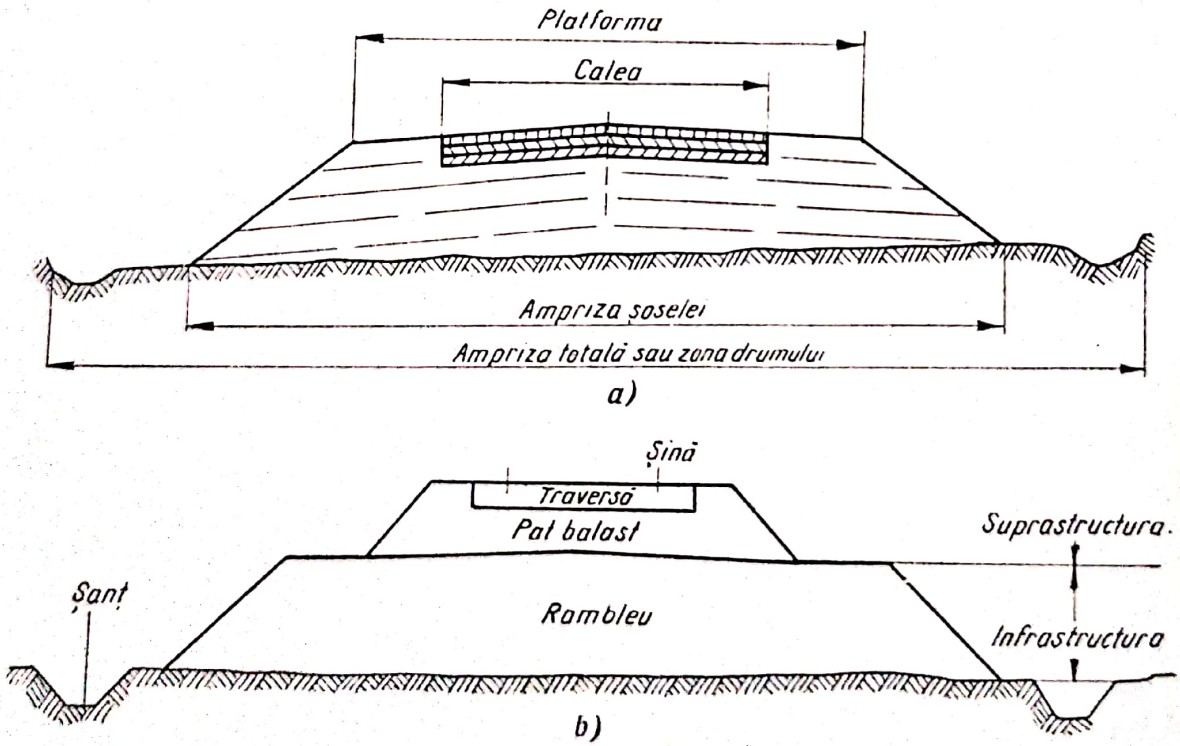


Fig. 104. Alcătuirea căilor de comunicații; drum (a), cale ferată (b).

Șinele, traversele, materialul mărunt de cale și patul de balast la calea ferată, respectiv ansamblul de straturi care alcătuiesc calea și acostamentele (sau trotuarele) formează suprastructura drumului.

După modul cum se prezintă relieful, suprastructura căii poate fi așezată într-o săpătură numită debleu, sau susținută de o construcție de pământ numită umplutură sau rambleu ; profilul transversal al căii poate fi, de asemenea, parte în săpătură, parte în umplutură și se numește profil mixt.

Totalitatea lucrărilor care susțin suprastructura, care o leagă de teren și care transmit acestuia încărcările permanente și mobile, poartă denumirea de infrastructură și cuprinde terasamentele sau lucrările de pământ și lucrările de artă (poduri, ziduri de sprijin, indiguiri, lucrări de consolidare, drenuri, viaducte etc.), executate în terasamente în diferite scopuri (scurgerea apelor, consolidarea terenului, traversarea cursurilor de apă etc.).

a. Infrastructura

Ținînd seama de starea lor de agregare, pămînturile folosite în general la lucrările de terasamente sînt : pămînturi argiloase, nisipoase, pietrișuri și bolovănișuri, roci stîncoase.

Pămînturile argiloase sînt pămînturile care au un conținut din fracțiunea argilă mai mare de 10%. Caracteristica lor esențială este starea de consistență. Din acest punct de vedere, pămînturile argiloase pot fi : curgătoare, dacă materialul strîns în pumni trece printre degete ; plastice, cînd materialul poate fi frămîntat ca un aluat ; tari, dacă materialul nu se mai pretează la frămîntare, ci se sfarmă.

Pămînturi nisipoase se caracterizează prin lipsa de plasticitate și coeziune. Au permeabilitate și unghi de frecare mare.

Pe șantier, pămînturile nisipoase se identifică ușor prin aceea că au permeabilitate mare și sînt aspre la pipăit.

Pietrișurile și bolovănișurile se caracterizează prin aceea că golurile dintre particule sînt umplute de obicei cu argile nisipoase sau chiar numai cu argile, material care conferă pietrișurilor și bolovănișurilor instabilitate, atunci cînd sînt îmbibate cu apă.

Rocile stîncoase sînt alcătuite din roci mai mult sau mai puțin omogene compacte, cu rezistență mare la uzură și compresiune.

Materialele cele mai bune pentru umpluturi sînt : pietrișurile, nisipul mare și rocile stîncoase (în special cînd sînt ordonat așezate).

Cînd pentru umpluturi sînt folosite argilele, luturile și nisipul fin, trebuie avut în vedere ca apa să nu pătrundă în terasamente, deoarece nisipul este ușor antrenat de apă, iar argilele și luturile se înmoaie prin absorbția apei în cantitate mare, fapt care duce la distrugerea rambleelor prin curgere sub formă de pastă.

Materiale necorespunzătoare pentru umpluturi sînt : pămîntul vegetal și substanțele organice putrescibile : frunzișul, rădăcini, vreascuri.

Prin dislocarea pămîntului din gropile de împrumut, materialul își mărește volumul, datorită afînării sau înfoierii ; aceasta este afînarea sau înfoierea inițială.

În timpul punerii în operă, pămîntul se compactează cu mijloace diferite, pentru a-l readuce în stare cît mai apropiată de cea inițială. Cu toate acestea, între starea inițială a pămîntului și cea compactată rămîne o diferență de volum, care poartă numele de afînare permanentă.

În terasamente pămîntul nu se așază necompactat, deoarece, sub influența apelor de precipitație, înghețului și dezghețului, straturilor de deasupra și sub acțiunea greutății vehiculelor se va tasa neregulat ducînd la distrugerea lucrărilor.

La executarea terasamentelor se ține întotdeauna seama de afînarea inițială și cea permanentă, ambele variind cu natura pămînturilor și modul lor de compactare.

b. Suprastructura

Drumurile și căile ferate au suprastructuri diferite.

1) *Suprastructura drumurilor* este alcătuită din corpul șoselei și acostamente. Corpul șoselei (partea carosabilă sau calea) este formată din mai multe straturi, după sistemul roman, deosebindu-se următoarele părți :

— îmbrăcămintea — stratul de la suprafață, care suportă direct circulația ;

— fundația — servește ca reazem îmbrăcămintei ;

— patul șoselei — pământul amenajat pentru a suporta fundația și îmbrăcămintea.

Pentru asigurarea scurgerii precipitațiilor de pe partea carosabilă, această suprafață trebuie să aibă o formă convexă, care se numește bombament.

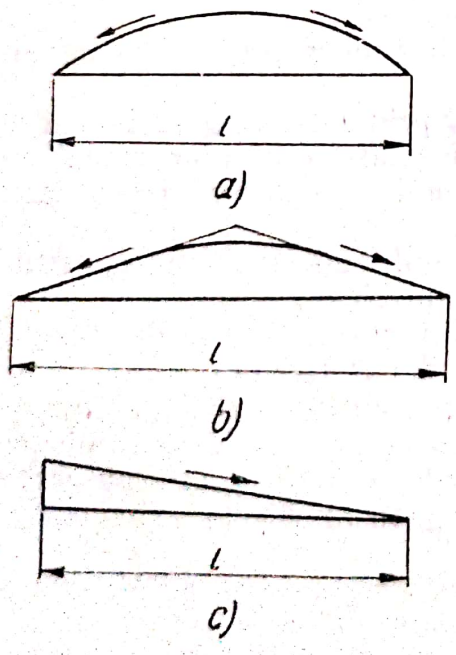


Fig. 105. Forme de bombament ; a — curb ; *b* — de acoperiș ; *c* — de streașină.

Bombamentele pot să fie de mai multe forme :

— bombament curb, sub forma unui arc de cerc sau de parabolă ; această formă se folosește la drumurile secundare și la cele împietruite (fig. 105, *a*) ;

— bombament sub formă de acoperiș (fig. 105, *b*), cu două versante plane, racordate în partea mediană cu o curbă arc de cerc ; se întrebuințează la drumurile moderne ;

— bombament sub formă de streașină (fig. 105, *c*), cu un singur versant plan ; se utilizează la șoselele construite pe coaste, în regiunile de munte, unde din lipsă de spațiu scurgerea apei se face pe o singură parte și în porțiunile curbe a tuturor drumurilor.

Partea carosabilă a drumurilor este încadrată de două benzi laterale, numite acostamente (fig. 106). Ele au un rol bine definit, și anume :

Scanned with OKEN Scanner

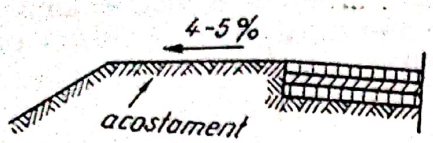


Fig. 106. Acostamente.

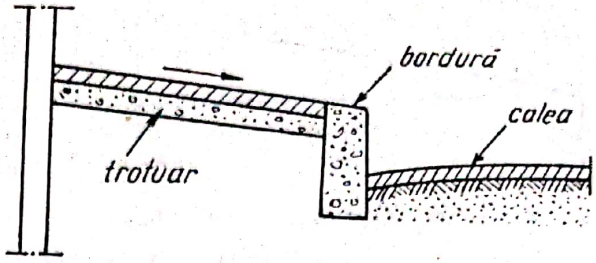


Fig. 107. Trotuarul.

— împiedică deplasarea laterală a materialelor din corpul șoselei sub acțiunea circulației ;

— primesc apele de precipitație căzute pe partea carosabilă și asigură îndepărtarea lor ;

— permit supralărgirea căii cînd este necesar ;

— permit circulația pietonilor și, excepțional, încrucișarea vehiculelor.

In ceea ce privește înclinarea suprafeței acostamentelor, aceasta este mai mare decît a suprafeței căii, pentru a permite scurgerea apei, practic este de 4 pînă la 5%.

In zonele de traversare a orașelor, acostamentele sînt înlocuite, partea carosabilă fiind mărginită de trotuar (fig. 107), care are o înclinare de 3% spre partea carosabilă, pentru înlesnirea curgerii apelor.

Calea și acostamentele alcătuiesc la un loc platforma drumului.

2) *Suprastructura căii ferate* este formată din :

— calea, care cuprinde șinele, traversele și materialul mărunt de cale, și

— patul, alcătuit din balast.

Calea conduce roțile vehiculelor, suportă și transmite sarcinile prin prismul de balast, infrastructurii ; calea, respectiv șinele pot servi și drept conductor electric la căile ferate electrificate.

Traseul în plan al căilor de comunicație se compune din porțiuni în linie dreaptă denumite alineamente, precum și curbe care racordează aliniamentele (fig. 108). In profilul în lung traseul este alcătuit din porțiuni orizontale paliere și porțiuni înclinate, numite declivități racordate prin curbe arc de cerc, cu raza de 5 000 sau 10 000 m ; în raport cu sensul de mers, declivitatea este în rampă (+5‰), cînd terenul urcă, sau în pantă (— 5‰), cînd terenul coboară.

Fig. 108. Traseul căilor de comunicație.

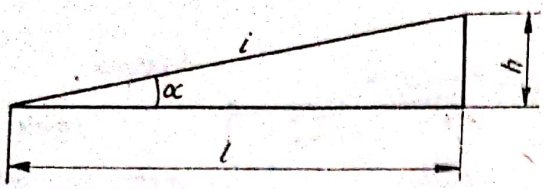


Fig. 109. Exprimarea declivității.

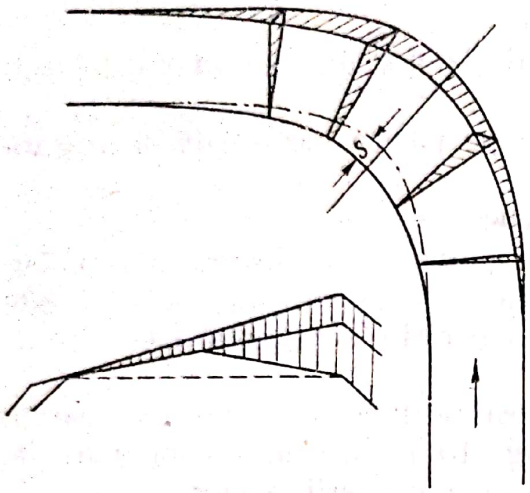


Fig. 110. Convertirea căii.

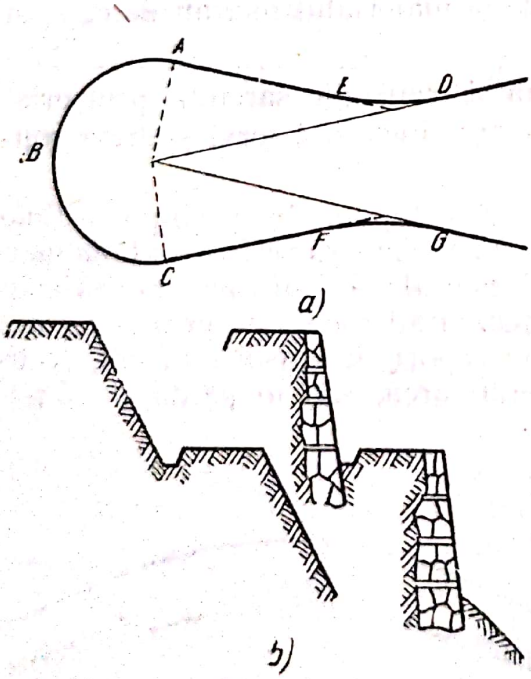


Fig. 111. Schema unei serpentine : *a* — vedere în plan ; *b* — vedere în profil.

Declivitatea i se exprimă de obicei în promile (0/00) și reprezintă tangenta trigonometrică a unghiului format de dreapta înclinată dintre punctele respective, cu orizontala (fig. 109).

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{h}{e}; \quad i^0/_{00}=1\,000\operatorname{tg}\alpha.$$

Pentru siguranța circulației cu aceeași viteză în curbe, ca și pe aliniamente, este necesar ca racordarea să se facă prin curbe cu raze de curbură cît mai mari, îndeosebi la căile ferate.

Convertirea căilor. Pentru micșorarea efectului forței centrifuge în zonele de curbă, profilul transversal al căii se modifică ; pe măsură ce se intră în curbă, calea se lărgește și se trece, în cazul drumurilor, de la bombament în formă de acoperiș la bombament în formă de streașină (fig. 110). La căile ferate se ridică firul exterior cu terasament și pat. Operația poartă numele de convertirea profilului transversal al căii.

In regiunile accidentate, pentru a nu se depăși declivitățile admisibile, în special la drumuri, traseul se proiectează în serpentine, adică din aliniamente, care se întîlnesc sub unghiuri ascuțite, racordate prin curbe situate în afara unghiului dintre aliniamente. O serpentină se compune în general din următoarele elemente (fig. 111) :

— curba principală, cotitura sau turnanta *ABC* ;

— două curbe auxiliare *DE* și *FG* ;

— două aliniamente intermediare *CF* și *AE*.

Raza de curbură și distanța minimă între cele două ramuri ale serpentinei se stabilesc în funcție de viteza de circulație maximă admisă.

Scanned with OKEN Scanner

c. Accesoriile căilor de comunicație

Cele mai importante accesorii sînt:
— pentru drumuri bornele kilometrice, bornele apără-roată și parapetele;
— pentru căile ferate, bornele kilometrice și hectometrice.

B. CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU CĂI DE COMUNICAȚIE

Construcția căilor de comunicație trebuie să fie precedată de studii tehnico-geologice detaliate, în legătură cu alegerea traseului, executarea terasamentelor, detectarea în apropiere a materialului de construcții și a apei etc.

1. CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU ALEGEREA TRASEULUI

La alegerea traseului pentru căi de comunicație se va da atenție deosebită structurii geologice a regiunii, condițiilor hidrologice și hidrogeologice, condițiilor geomorfologice, condițiilor climatice etc.

a. Constituția geologică a regiunii

In condițiile tehnice moderne, construcția căilor de comunicație nu mai poate fi concepută fără un studiu geologic prealabil. Cunoașterea perfectă a condițiilor geologice înlătură întotdeauna erorile de ordin constructiv.

Studiul geologic cuprinde în primul rînd fenomenele fizico-geologice care au loc în regiune — deplasările de teren, litologia, stratigrafia și tectonica regiunii. Îndeosebi, litologia și tectonica, precum și forma de zăcămînt a rocilor și gradul lor de fisurare interesează, deoarece, în funcție de aceste caracteristici, se determină stabilitatea terenurilor.

Caracterele petrografice ale rocilor influențează foarte mult stabilitatea terenurilor.

Dacă traseul este ales prin roci argiloase, ne putem aștepta oricînd, dacă nu la alunecări de teren, la importante fenomene de tasare. Se știe că terenurile argiloase în contact cu apa își schimbă consistența, din care cauză cedează sub sarcina construcțiilor, antrenîndu-le în adîncime.

Terenurile alcătuite din nisipuri fine de asemenea sînt periculoase, deoarece sub acțiunea dinamicei apelor subterane particulele fine sînt antrenate de apă, producînd deteriorarea construcțiilor, prin scufundarea terenului în zonele în care nisipul a fost îndepărtat.

Cele mai indicate pentru construcția căilor de comunicație sînt terenurile stîncoase și pămînturile pietroase-nisipoase, deoarece prezintă un grad de tasare mic și frecare interioară mare.

Fenomenele tectonice formează în roci cute, crăpături etc., acestea din urmă ducînd la slăbirea rezistenței rocilor. La alegerea traseului prin roci

Scanned with OKEN Scanner

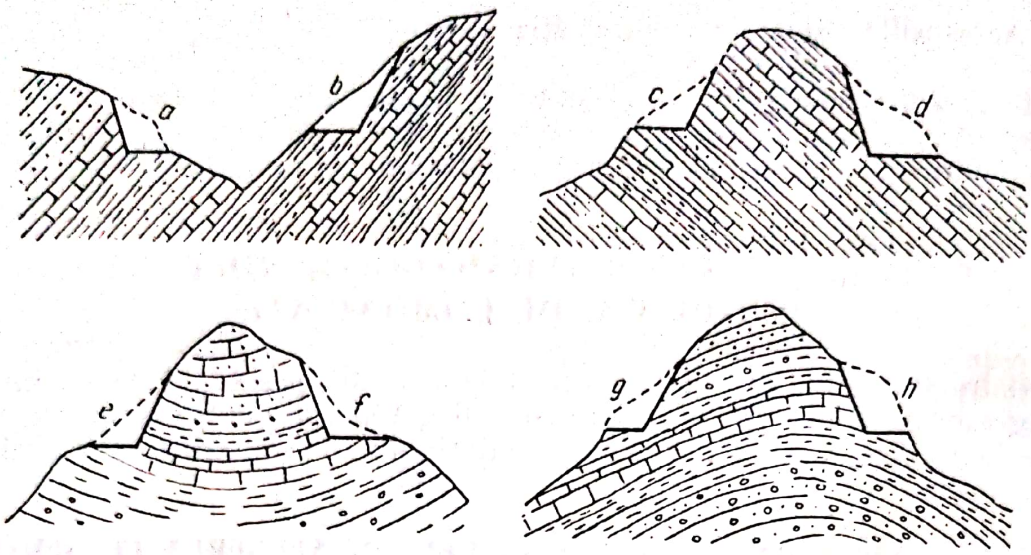


Fig. 112. Trasarea drumurilor în regiuni de munte :
a, c, e, f — poziții favorabile ; *b, d, g, h* — poziții nefavorabile.

cutate și fisurate trebuie să se țină neapărat seama de direcția și unghiul de cădere a stratelor și a fisurilor. Așa, de exemplu, dacă de-a lungul fîșiei de teren cercetată pentru construirea unui drum întîlnim situațiile din figura 112, alegerea traseului în punctele *b d g h* prezintă condiții nefavorabile, deoarece stratele înclină spre exteriorul versanților și, cu timpul, sub acțiunea trepidațiilor, a apei, a greutății vehiculelor etc. stabilitatea terenului se strică. Alegerea traseului în punctele *a c e f* prezintă condiții de stabilitate, deoarece stratele înclină spre interiorul versanților.

În regiunile cu energie de relief mică, însă cu strate monoclinale, pentru prevenirea deplasărilor de teren pe taluzele debleelor se dă pantei taluzelor o înclinare mică, atunci cînd aceasta este înclinată în sensul înclinării stratelor, iar în cazul cînd taluzele taie stratele pe direcție, acestea pot avea înclinarea mai mare, fără nici un pericol de alunecare (fig. 113).

b. Condițiile hidrologice și hidrogeologice

Caracterele hidrologice ale regiunii de-a lungul traseului se stabilesc prin cercetarea rețelei hidrografice, a izvoarelor și a locurilor mlăștinoase.

Pentru apele curgătoare, în punctele obligatorii de trecere se stabilește lărgimea lor, caracterul fundurilor și a malurilor, debitul lichid și solid în

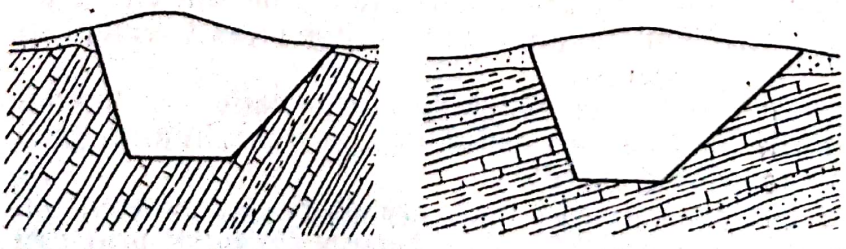


Fig. 113. Pana taluzelor debleelor în strate monoclinale.

diferite perioade ale anului, viteza și direcția curentului de apă, compoziția chimică a apei, prezența vîrtejurilor și a pragurilor etc.

În cazul izvoarelor se determină locul de apariție al lor, debitul în diferite perioade ale anului și compoziția chimică a apelor pentru cunoașterea gradului de agresivitate a acestora.

Descoperirea izvoarelor în apropierea traseului unui drum sau cale ferată are dublă importanță. În primul rînd, prin apa lor, dacă este agresivă, izvoarele pot distruge drumurile cu îmbrăcăminte de beton ; în acest caz, prezența lor în apropiere de drumuri este nedorită ; în al doilea rînd, descoperirea izvoarelor în apropiere de drumuri este necesară pentru aprovizionarea cu apă potabilă a călătorilor și pentru unele nevoi tehnice.

Pentru locurile mlăștinoase se determină suprafața și adîncimea acestora, proveniența apei : de precipitație, sau din pînze de apă subterană.

Studiile hidrogeologice se îndreaptă asupra apelor subterane din pînzele freatice. Lor li se determină nivelul hidrostatic, direcția și viteza de curgere, debitul și proprietățile chimice.

Pe baza datelor obținute se alcătuiesc hărți hidrogeologice, pe care se consemnează toate observațiile făcute pe teren și în laborator asupra apelor. Interesează în primul rînd harta hidroizohipselor, care indică punctele unde apele subterane se pot ridica pînă în apropiere de suprafață.

Apele freatice care se ridică pînă la suprafața terenului sînt foarte periculoase. Prin capilaritate, apele freatice se pot ridica în terasamente, ducînd cu timpul la deteriorarea lor.

Pentru înlăturarea apelor freatice din apropierea căilor de comunicație se execută construcții speciale — drenuri — de o parte și de alta a traseului.

c. Condițiile geomorfologice

Morfologia regiunii traseului și structurile geologice pe care aceasta a luat naștere constituie problema cheie pe care constructorii de drumuri și căi ferate trebuie să o rezolve. Cunoașterea exactă a morfologiei și a rocilor pe seama cărora s-a format morfologia ușurează mult alegerea traseului unui drum sau cale ferată.

Pentru caracterizarea formelor de relief este necesar să se culeagă date cu privire la :

— hipsometrie, înălțimile absolute și relative ale reliefului ;

— formele de relief, cu indicarea suprafețelor pe care fiecare formă de relief o ocupă ;

— raportul dintre diferite forme de relief.

Pe baza acestor date se alcătuiesc hărți și schițe geomorfologice, precum și bloc-diagrame, care sînt de preferat, deoarece pe ele se reprezintă schematic forma reliefului și structurile geologice pe care acesta a luat naștere. De asemenea se împarte regiunea studiată în unități morfologice cu relief asemănător.

După morfologia regiunii în care sînt trasate, căile de comunicație pot fi : de șes, de dealuri și de munte.

Scanned with OKEN Scanner

1) **Căi de comunicații de șes.** Șesurile sînt forme de relief cu diferențe de nivel mici. Alegerea traseului în regiunile de șes se face cu ușurință, deoarece obstacolele care se întîlnesc, cursuri de apă cu terasele lor și uneori mlaștini, nu sînt în general numeroase.

Trecerea căilor peste cursurile de apă se face de preferință în punctele de vad ușor, dar dacă sînt de mare importanță nu se abat prea mult de la direcția lor generală.

Căile de mică importanță se adaptează de obicei cursurilor de apă, se construiesc fie pe un mal, fie pe altul, după cum este mai bine, și traversează aceste cursuri de apă acolo unde este mai ușor. În acest caz, căile se trasează la o oarecare distanță de partea abruptă a malurilor, pentru a le feri de distrugere prin eroziunea malurilor sau prin spălare la viituri mari.

Deoarece terasele constituie materiale de construcții bune și se întind, cu lățimi diferite, de o parte și alta a rîurilor, ele sînt foarte căutate de constructori pentru trasee. Sînt apreciate mai ales terasele orizontale sau puțin înclinate spre rîu, alcătuite din pietriș. Eventualele depozite de argilă care acopăr terasele se îndepărtează.

Trasarea căilor în regiuni de cîmpie impune cunoașterea caracterelor fizice și mecanice ale pămînturilor ca teren de fundație, precum și nivelul apelor freatice pe anotimpuri. Stabilirea poziției și a regimului apelor freatice este foarte importantă, deoarece în funcție de adîncimea apelor freatice se stabilesc materialele de construcție necesare executării căilor.

Problema cea mai importantă care se cere rezolvată la construirea căilor de comunicație în regiunile de șes este găsirea în apropiere a materialelor de construcție, a pietrișului, care este indispensabil la fundarea drumurilor. Regiunile de cîmpie sînt alcătuite în general din pămînt, mai mult sau mai puțin argilos sau nisipos, iar pietrișul lipsește cu desăvîrșire. În acest caz, materialul grosier se caută în albia rîurilor, iar cînd lipsește și pe rîuri, trebuie adus din locurile unde există, ridicîndu-se în acest fel prețul de cost pe kilometru de cale.

2) **Căi de comunicație de deal.** Dealurile sînt forme de relief cu diferențe de nivel pînă la 200 m. Relieful deluros se caracterizează prin denivelări mai mult sau mai puțin accentuate, care schimbă complet aspectul problemei construirii căilor pe dealuri față de șes.

La construirea căilor în regiuni de dealuri, geneza formelor de relief interesează în mod deosebit. Relieful deluros se datorește eroziunii sau poate fi format prin acumulare. Dacă dealurile sînt formate prin eroziune, problemele care se pun construirii căilor sînt aproape identice cu acelea pe care le ridică construirea lor în regiunile muntoase.

Pentru dealurile formate prin acumulare de material: morene, deplasări de teren, trebuie studiat amănunțit stabilitatea pantelor, problema asecării eventualelor mlaștini sau bălți etc. Relieful deluros de origine eoliană (dune sau loess), consolidat prin vegetație, este considerat ca favorabil construirii de căi de comunicație.

3) **Căi de comunicație de munte.** Formele de relief cu diferențe de nivel mai mari de 200 m se consideră muntoase.

Scanned with OKEN Scanner

Relieful muntos se caracterizează prin versanții cu pante abrupte și văi adînci numeroase.

Construirea căilor de comunicație în regiunile muntoase ridică probleme multiple și variate, deoarece drumurile de munte trebuie să învingă denivelări mari, au numeroase treceri obligatorii, iar terenurile sînt diferite din punct de vedere geologic, pe un spațiu restrîns.

Legarea punctelor situate la nivele diferite în regiunile de dealuri și muntoase se face de obicei prin serpentine. Acestea se dezvoltă îndeosebi cînd drumurile trec dintr-un bazin de recepție în altul sau de-a lungul văilor cînd diferențele de nivel pe un spațiu restrîns sînt mari.

Soliditatea terenurilor interesează în mod deosebit atunci cînd se construiesc drumuri la baza pantelor, sau cînd traseul drumurilor este în serpentină. Este știut că serpentinele se construiesc acolo unde panta este mare ; distanța între cele două ramuri ale serpentinei se alege în funcție de coeziunea rocilor și spațiul avut la dispoziție pentru construirea serpentinei. Se întîmplă de multe ori ca acest spațiu să fie foarte mic, așa încît cele două ramuri ale serpentinei să se apropie foarte mult. Ca să se poată realiza această apropiere este necesar ca rocile în care se construiește drumul să fie puternic coezive, să nu sufere deplasări.

De aceea construirea căilor de comunicație în regiunile muntoase impune executarea de cercetări tehnico-geologice amănunțite în legătură cu soliditatea terenurilor (grohotișurile de pantă, prăbușirile, conurile de dejecție ale torenților, fenomenele carstice etc.), alunecările de teren.

a) *Grohotișurile* sînt alcătuite din blocuri colțuroase de mărimi diferite, rezultate prin dezagregarea rocilor sub influența agenților atmosferici și acumulate la baza pantelor abrupte.

După gradul lor de mobilitate, grohotișurile pot fi :

— active, cînd se găsesc în mișcare continuă. Starea lor de mobilitate poate fi ușor recunoscută prin faptul că sînt lipsite de orice vegetație. Plantele nu se pot prinde din cauza căderii continue de blocuri ;

— pe cale de stingere ; acestea sînt acoperite de vegetație ierboasă și tufăriș ;

— stinse sau moarte ; sînt acoperite totdeauna de vegetație, iarbă, tufe și chiar păduri.

Printre formele de grohotișuri citate, cele mai periculoase pentru drumuri sînt cele active. Sub influența vibrațiilor produse de vehicule, grohotișurile pot fi puse ușor în mișcare și acoperi drumul. Din acest motiv, grohotișurile active și cele pe cale de stingere vor fi pe cît posibil ocolite, de obicei pe la baza lor și îngrădite cu ziduri puternice de sprijin.

Pentru trasarea căilor în regiunile cu grohotișuri este necesar ca acestea să fie studiate amănunțit. Studiul lor constă din :

— cartarea grohotișurilor și stabilirea surselor de alimentare ;

— determinarea caracterelor masei grohotișurilor : unghiul de taluz natural, compoziția petrografică și granulometrică, gradul de alterare și cimentare a elementelor ;

— hidrogeologia grohotișurilor ; condițiile de filtrare a apelor.

Scanned with OKEN Scanner

Toate aceste date sînt necesare pentru construirea căilor în regiunile cu grohotișuri și pentru luarea de măsuri care să protejeze drumurile împotriva grohotișurilor.

b) *Prăbușirile*. Prin prăbușiri se înțelege căderea bruscă a stîncilor sub influența gravității. Detașarea stîncilor este îndelung pregătită de agenții atmosferici, iar impulsul mișcării poate fi dat de îmbibarea puternică cu apă, explozii artificiale sau cutremure.

Detectarea locurilor unde se vor produce prăbușiri se face prin observații asupra prăbușirilor vechi și noi și prin stabilirea condițiilor de amplasare ale rocilor ce alcătuiesc versanții, a fisurilor și crăpăturilor, precum și compoziția materialului care umple aceste goluri.

c) *Alunecările de teren* sînt cele mai periculoase pentru căile de comunicație. Lupta împotriva acestor fenomene este foarte grea, foarte costisitoare și de multe ori fără atingerea rezultatelor scontate. Din această cauză, zonele cu alunecări sau predispuse la asemenea fenomene vor fi de la început ocolite, luîndu-se totodată măsuri de stabilizare a terenurilor, mai ales dacă asemenea fenomene se află în apropierea căilor. Pentru a se putea acționa împotriva alunecărilor este necesar să se întreprindă cercetări geologice, care să stabilească :

— suprafața afectată de alunecări, pe care se manifestă rupturi, crăpături, apariții de izvoare ;

— adîncimea masei alunecate și structura ei ;

— cauzele care au provocat alunecările ;

— măsurile de combatere a alunecărilor declanșate și prevenirea altora noi ;

— situația hidrogeologică, adică variația umidității cu adîncimea, nivelul apelor subterane, direcția de curgere și debitul lor.

d) *Conurile de dejecție*. Torenții transportă intermitent cantități imense de material, pe care-l depune acolo unde pantele devin domoale, formînd conuri de dejecție. Mărimea acumulărilor depinde de puterea torenților, panta curgerii și structura geologică a regiunii.

Din punctul de vedere al mobilității materialului care alcătuiește conurile de dejecție se deosebesc :

— conuri de dejecție active ; albia torentului nu este stabilă și lucrează pe toată suprafața conului ;

— conuri de dejecție de drenare ; torenții au albiile stabile, nu-și schimbă poziția.

Problema care se pune este trecerea peste albia torenților. Acest lucru se realizează astfel :

— pentru căi importante trecerea se face prin tunele, săpate în porțiunea de vîrf a conului de dejecție, sau prin ocolirea lor, traseul fiind ales pe malul opus al rîului ;

— pentru căile mai puțin importante trecerea se face prin porțiunea de vîrf a conului de dejecție, prin porțiunea lor centrală sau prin ocolirea conurilor de dejecție pe la capăt.

e) *Fenomenele carstice* iau naștere prin dizolvarea calcarelor, gipsurilor etc. de către apele superficiale și subterane. Din această cauză, la construirea căilor de comunicație în regiunile carstice trebuie cercetată

Scanned with OKEN Scanner

amănunțit rețeaua hidrografică pentru descoperirea surselor de alimentare cu apă și căile pe care apele superficiale circulă în subteran. De asemenea trebuie cercetată compoziția chimică a apelor, pentru a se cunoaște gradul lor de agresivitate asupra rocilor. O dată cunoscute aceste fenomene, traseul căilor de comunicație prin calcare trebuie să urmărească zonele cu cele mai puține fenomene carstice și situate la adîncime mare, în așa fel ca sarcinile mobile transmise de fundații să se repartizeze în mare măsură în interiorul masivului și mai puțin pe pereții golurilor.

Regiunile cu carst în gipsuri, sare etc, sînt de obicei ocolite, deoarece aceste roci se dizolvă mult mai ușor decît calcarele și nu au duritatea acestora.

d. Executarea căilor de comunicație

1) Executarea căilor de comunicație în regiunile mlăștinoase.

La noi în țară, problema construirii căilor de comunicație prin mlaștini se pune în mod deosebit la traversarea rîurilor mari și în Transilvania, unde depozitele argiloase pliocene nu permit filtrarea apei în teren, acumulîndu-se la suprafață sub formă de bălți.

Pentru construirea căilor de comunicație în regiuni mlăștinoase sînt necesare studii :

— topografice, pentru ridicarea planului mlaștinii și efectuarea nivelmentului suprafeței malurilor mlaștinei ;

— geologice, necesare determinării structurii geologice a mlaștinii în vederea stabilirii capacității portante a fundului și determinarea structurii geologice a regiunilor vecine pentru găsirea materialelor necesare executării umpluturilor ;

— hidrologice, pentru stabilirea surselor de alimentare cu apă a mlaștinii, izvoare, ape subterane, revărsări de rîuri, precipitații atmosferice ; determinarea direcției și viteza de curgere a apei ; stabilirea nivelului maxim al apei în mlaștină după topirea zăpezilor sau ploi torențiale și durata cît mlaștina stă sub apă ; determinarea nivelului maxim al apei subterane în mlaștină ; stabilirea perioadei de îngheț a mlaștinei și adîncimea pe care se produce înghețul ;

— geotehnice, pentru determinarea proprietăților fizice și mecanice ale rocilor, și anume :

— pentru pămînturile care intră în constituția mlaștinei se determină greutatea volumetrică, greutatea specifică, porozitatea și compresibilitatea;

— pentru pămînturile de umplutură a terasamentelor prin mlaștini se determină compoziția granulometrică și coeficientul de permeabilitate, umezeala naturală, limitele de consistență, capilaritatea, capacitatea de absorbție și unghiul de frecare interioară.

Cunoscînd aceste date, se poate trece la executarea căilor de comunicație fie prin desecarea mlaștinilor, prin drenare sau coborîrea nivelului hidrostatic al apelor și construirea terasamentelor, fie prin înlocuirea umpluturii cu viaducte.

Scanned with OKEN Scanner

2) **Construirea căilor ferate pe văi** cere :

— studii de geologie, care se referă la structura și caracterul teraselor actuale ale rîurilor și ale malurilor acestora ;

— studii de hidrogeologie ; acestea au ca obiectiv apele subterane și posibilitatea ridicării nivelului lor ;

— studii de hidrologie, care se îndreaptă asupra debitului solid și lichid al rîurilor în diferite perioade ale anului și puterea lor de roadere a malurilor. De asemenea interesează mlaștinile care se întîlnesc de-a lungul rîurilor, pentru care se determină aceleași elemente, ca în cazul construirii căilor ferate în regiuni mlăștinoase.

Dacă traseul trece pe malul unui rîu sau lac, este necesar să se determine puterea de spălare a malurilor de către ape la viituri mari și să se ia măsuri de construire a unor diguri care să oprească avansarea apei pe uscat.

Pentru a feri spălarea terasamentelor la viituri mari, acestea se construiesc la distanță de cel puțin 30 de metri de malul rîurilor.

Un pericol destul de mare îl constituie torenții noroioși. Pentru a feri căile de împotmoliri, traversarea torenților se face pe poduri cu lumină mare, iar torenții se amenajează prin construirea unor baraje, care au rolul de a reține debitul solid și a micșora eroziunea de fund.

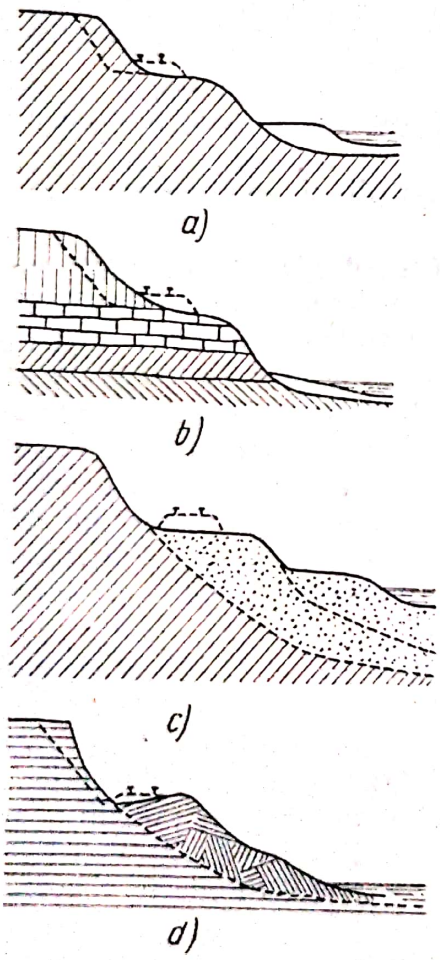


Fig. 114. Tipuri de terase :
a, *b* — terase de roziune ; *c* — terasă de acumulare ; *d* — terasă de alunecare (după F. P. Savarenski).

3) **Construirea căilor de comunicație pe versanți.**

Pentru construirea căilor pe coaste este necesar să se dea atenție deosebită cercetărilor geomorfologice și geologice.

Studiile geomorfologice și geologice dau posibilitatea cunoașterii cauzelor și a modului de formare a versanților. Forma și înclinarea pantei versanților depinde de omogenitatea rocilor și umiditatea lor și exprimă condițiile de formare a versanților și stabilitatea lor.

Versanții în formă de terasă au structuri și moduri de formare diferită :

— terasele formate din eroziuni sînt trepte naturale, legate de rezistența diferită a rocilor la eroziuni (fig. 114, *a*, *b*) ;

— terasele de acumulare sînt alcătuite din aluviuni. Acestea sînt de multe ori contraforturi naturale, care măresc stabilitatea versanților (fig. 114, *c*) ;

— terase formate din deplasări de teren (fig. 114, *d*). Acestea se recunosc ușor, prin : înclinarea suprafeței spre versanți ; suprafața concavă a versantului mai sus de terasă ; umiditatea abundentă la contactul terasei cu versantul și la baza ei ; forma suprafeței ne-

regulată ; existența a numeroase ridicături și scobituri pe suprafața terasei ; existența sau absența teraselor adevărate la nivelul respectiv.

Construirea căilor pe versanți cu deplasări de teren este de multe ori foarte dificilă. Dacă traseul nu poate fi schimbat, se fac cheltuieli mari pentru consolidarea versanților. Un exemplu bun în această privință îl constituie calea ferată Bumbești-Livezeni. Pe distanța de 30 km, traseul acestei linii este săpat în coastă, și în numeroase locuri versanții au trebuit să fie consolidați împotriva alunecărilor și prăbușirilor de stînci.

2. CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU TERASAMENTE

Terasamentele sînt construcții executate din pămînt, destinate să preia sarcinile permanente și mobile și să asigure continuitatea și stabilitatea căii.

Defectele terasamentelor pot duce la deformarea și degradarea căii, fapt care face să scadă capacitatea de transport sau chiar să se întrerupă circulația ; de aceea, proiectarea și executarea lucrărilor de terasamente trebuie să se facă cu o grijă deosebită, pentru ca să reziste în bune condiții solicitărilor, să poată fi construite și întreținute cu ușurință, costul fiind minim.

Profilul transversal al căii poate fi în debleu, rambleu sau mixt (figura 115).

a. Deblee

Stabilirea înclinării taluzelor pentru asigurarea stabilității lor este condiționată de caracterele petrografice ale rocilor, înclinarea pantei taluzelor, adîncimea debleelor și existența orizonturilor acvifere.

Ținînd seama de faptul că debleele adînci pot intersecta strate de natură diferită, pentru asigurarea stabilității taluzelor este necesar să se efectueze, în prealabil, cercetări tehnico-geologice. Acestea au ca obiectiv caracterele petrografice ale rocilor, existența pînzelor de apă subterană și felul cum rocile respective se comportă în prezența apei. În funcție de acești factori se stabi-

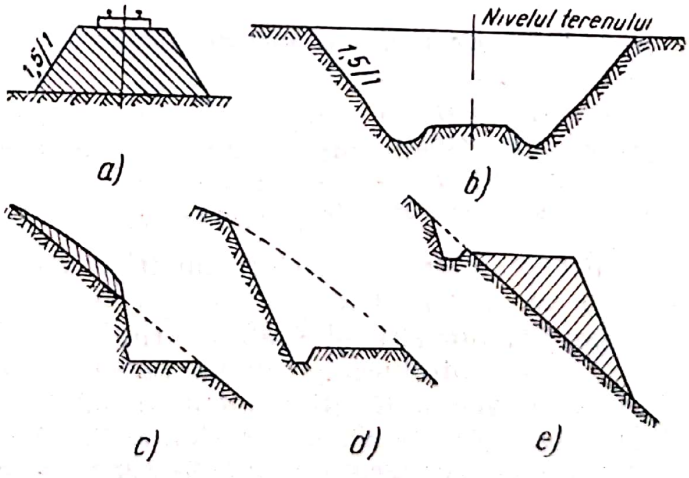


Fig. 115. Tipuri de terasamente :
a — rambleu ; *b* — debleu ; *c*, *d* — semidebleu ; *e* — semirambleu.

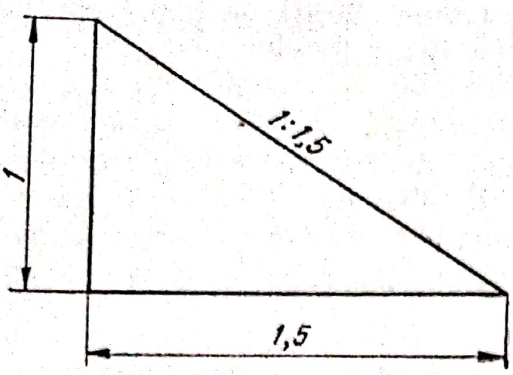


Fig. 116. Exprimarea pantei taluzelor.

leşte adîncimea săpăturilor şi panta lor, pentru obţinerea stabilităţii terenului.

Panta taluzelor se alege în funcţie de caracteristicile terenurilor, în aşa fel încît forţele care tind să dizloce rocile să nu fie mai mari decît acelea care se opun deplasării.

În practică, valoarea pantei taluzelor se ia de obicei 1/1,5 (fig. 116). Dacă se ţine seama de caracterele petrografice şi umiditatea rocilor, raportul 1/1,5 poate fi depăşit. Aşa, de exemplu, debleele săpate în roci stîncoase şi semistîncoase masive şi nefisurate, sau în loessuri situate în zone de uscăciune, se pot menţine în taluze foarte înclinate, uneori chiar verticale.

Dacă rocile stîncoase şi semistîncoase sînt stratificate şi fisurate, panta taluzelor se stabileşte în funcţie de valoarea şi sensul înclinării stratelor şi fisurilor.

Săparea debleelor în terenuri argiloase este o problemă dificilă. Sub influenţa apelor de precipitaţie, acestea se pot înmuia şi da alunecări.

Pentru menţinerea stabilităţii taluzelor săpate în terenuri argiloase este necesar ca acestea să fie ferite de infiltraţia apelor. În acest sens, pe taluzele debleelor şi la baza lor, paralel cu calea se construiesc rigole şi drenuri. Acestea au rolul de a capta şi evacua apele provenite din precipitaţii sau izvoare.

Condiţii defavorabile pentru asigurarea stabilităţii taluzelor debleelor prezintă şi şisturile cristaline dezagregate, rocile şistoase etc.

Panta taluzelor debleelor variază în limite foarte largi, în funcţie de natura rocilor şi condiţiile climatice. Pentru rocile mai frecvent întîlnite la săparea debleurilor au fost stabilite următoarele raporturi (înălţime/lăţime):

— argile, argile nisipoase, pămînturi nisipoase . . . . . 1 : 1,5;
— loess . . . . . 1 : 0,1;
— marne, pietriş . . . . . 1 : 1,5 — 1 : 0,5;
— roci semistîncoase degradate, fără crăpături, stratificate sau fisuri spre terasament) . . . . . 1 : 1,1;
— roci stîncoase degradate . . . . . 1 : 1,5 — 1 : 0,2.

Pentru protejarea taluzelor împotriva degradării prin agenţii atmosferici, acestea se amenajează în mod special.

Împotriva umezirii şi spălării prin precipitaţii, pe taluze şi la baza lor se construiesc drenuri cu fundul impermeabil, iar zonele dintre canale se acoperă cu vegetaţie arborescentă mică şi cu iarbă.

Nu este recomandabil să se planteze pe taluzele debleelor vegetaţie arborescentă mare, deoarece în timpul verii împiedică evaporarea şi deci uscarea terenului, iar iarna întîrzie topirea zăpezilor, contribuind la infiltrarea apei în pămînt.

Scanned with OKEN Scanner

b. Ramblee

Construirea rambleelor cere din partea constructorilor o atenție deosebită, degradarea lor putînd avea efecte mult mai mari decît simpla blocare a liniei, prin alunecări pe panta taluzelor debleelor.

Stabilitatea rambleelor depinde de :

— stabilitatea terenului pe care se face umplutura ;
— materialul ales și modul cum este executat rambleul.

1) *Fundația rambleelor*. Terenul pe care se construiesc rambleele trebuie să satisfacă următoarele condiții :

— să nu se taseze sub sarcina rambleelor și a vehiculelor și să nu fugă de sub terasament.

Tasările sub ramblee depind de calitățile fizice și mecanice ale terenului și de mărimea încărcării. De obicei, pentru un pămînt cu $\gamma_a = 2$ tf/cm^3, valoarea încărcării este de 2 kgf/cm^2, la 10 m înălțime de rambleu. Rambleele înalte dau chiar 4 kgf/cm^2, fapt care provoacă tasarea rocilor moi.

Dacă sarcina rambleelor și a încărcărilor mobile este prea mare, se poate întîmpla ca terenul de fundație să cedeze prin refulare, antrenînd scufundarea terasamentelor ;

— să nu se deplaseze ; se poate ca din cauza trepidațiilor produse sub acțiunea vehiculelor, terenuri aparent stabile la început să-și piardă stabilitatea și să dea naștere la deplasări de teren. Acest lucru este foarte periculos, mai ales dacă se produce în momentul circulației vehiculelor. Împotriva acestor fenomene se iau măsuri de consolidare a căii, iar pe porțiunile periculoase se introduc restricții de viteză ;

— să nu aibă fenomene carstice ; după cum se știe, fenomenele carstice se formează în regiunile calcaroase și cu săruri solubile. Construirea drumurilor, și mai ales a căilor ferate în zone cu fenomene carstice în sare și gips, duce în timp scurt la distrugerea căii prin cedarea tavanului golurilor subterane ;

— să nu permită ieșirea la suprafață a apelor subterane și stagnarea precipitațiilor în apropierea terasamentului ; prin capilaritate, apa se poate ridica în corpul terasamentelor, provocînd distrugerea lor prin alunecare.

2) *Corpul rambleelor*. Rambleele se degradează prin alunecarea pămîntului din corpul lor și prin tasări neregulate. Cauzele care provoacă distrugerea rambleelor se pun pe seama proprietăților pămîntului folosit la umplutură, a saturației corpului rambleului în apă de precipitație și subterană și modului de executare al lucrărilor, a rambleelor.

De cele mai multe ori, aceste cauze se combină cu proprietățile nefavorabile ale fundației rambleelor.

Pămîntul cel mai bun pentru rambleere este pămîntul nisipos, deoarece are permeabilitate mare și coeficient de frecare mare. Acesta se poate procura din apropierea căii, din așa-numitele gropi de împrumut, iar în lipsa lui se poate folosi cu succes pămîntul argilos, cu condiția ca terasamentul să fie executat și ferit de apă.

Scanned with OKEN Scanner

Cel mai mare dușman al rambleelor este apa. Apa poate să fie de precipitație și în acest caz pătrunde prin plaforma și taluzele rambeelor, umezind partea superioară a lor, sau apa subterană care pătrunde în ramblee de jos în sus.

Apa subterană pătrunde în corpul rambleelor în următoarele cazuri:

— cînd stratul superior al fundației este un strat acvifer;

— cînd rambleele sînt executate pe mlaștini sau pe malurile rîurilor;

— cînd în terenul de fundație apar izvoare care n-au existat înainte de construcție. Apariția izvoarelor se datorește presiunii rambleelor asupra stratului acvifer.

Umezirea rambleelor sub acțiunea apelor subterane se produce în toate anotimpurile, însă în mod deosebit iarna, cînd stratul superficial de sol este înghețat și apa nu are pe unde să mai iasă decît prin corpul rambleului.

Modul de executare al lucrările are importanță deosebită în stabilitatea rambleelor. Prin dislocarea pămîntului din gropile de împrumut și punerea lui în operă, pămîntul se înfoaie și pentru a-l readuce cît mai aproape de starea lui de zăcămînt este necesar să fie bătut cu maiele sau cu compresoarele. Dacă pămîntul nu este compactat în corp, apele de precipitație pătrund neuniform în corpul rambleelor, înmoaie pămîntul în anumite zone și îi micșorează stabilitatea.

Panta taluzelor rambleelor de pămînt depinde de frecarea interioară dintre particulele pămîntului, înălțimea taluzului și coeziunea care se formează prin compactare.

Înălțimea admisibilă a rambleelor la o pantă a taluzelor de 1 : 1,5 pentru rocile folosite frecvent la rambleere, este următoarea:

— loess, pămînt argilos, argilă nisipoasă	5 m;
— pămînt argilos greu	6 m;
— pămînt calcaros, marne	7 m;
— pămînt cu pietriș	10 m;
— stînci degradate și blocuri de stînci	12 m.

Dacă înălțimea rambleelor depășește valorile indicate pentru fiecare pămînt, panta rambleelor se trasează după o linie frîntă, ale cărei segmente de sus în jos au următoarea pantă:

$$H_1 = 1 : 1\frac{3}{4}\ ;\ H_2 = 1 : 2\ ;\ H_3 = 1 : 2\frac{1}{4}$$

3. CLIMATUL REGIUNII

Condițiile climatice ale regiunii au mare influență asupra căilor de comunicație și indirect asupra vehiculelor. Din această cauză, la stabilirea traseului este necesar să se cunoască:

a) *Temperatura aerului.* Pentru cunoașterea timpului optim pentru efectuarea lucrărilor este necesar să se cunoască temperatura aerului, media lunară, anuală și variațiile ei zilnice. În regiunile muntoase, temperatura aerului variază în funcție de panta munților și orientarea față de punctele cardinale. Experiența arată că versanții sudici se încălzesc mult mai repede decît cei situați în partea de nord. Ca urmare, pe pantele însorite zăpada

se topește mai devreme, iar apa pătrunsă în sol se evaporă aproape în întregime, fapt care favorizează stabilitatea terenului. Versanții nordici, primind căldură mai puțină, au umiditate accentuată și sînt supuși deplasărilor de teren. De aici concluzia că în regiunile de munte drumurile se vor construi pe cît este posibil pe versanții sudici.

b) *Umiditatea aerului.* Cunoașterea umidității aerului este importantă pentru constructori, deoarece alegerea pămînturilor este în funcție de caracterul evaporării; umiditatea aerului influențează formarea poleiului și coeficientul de aderiune a roților autovehiculelor.

c) *Precipitațiile.* Pentru inginerul constructor, precipitațiile atmosferice sub orice formă interesează în mod deosebit. Precipitațiile atmosferice determină:

— mărirea sezonului de lucru;
— calculul deschiderilor lucrărilor de artă: poduri, viaducte;
— alegerea pămînturilor pentru terasamente, măsurile care se iau împotriva pătrunderii apelor în corpul terasamentelor;
— în regiunile muntoase, precipitațiile sub formă de zăpadă determină stabilirea zonelor supuse înzăpezirii, delimitarea porțiunile cu lavine, ghețari și măsurile de protecție împotriva întreruperii circulației prin înzăpeziri etc.

d) *Vîntul.* In cazul existenței vînturilor în regiunea traseului drumurilor se determină pentru acestea viteza și direcția lor predominantă. Aceste caracteristici sînt necesare, deoarece de ele depind:

— evaporarea pe terasament;
— transportul și acumularea particulelor de praf;
— înzăpezirea căilor, chiar dacă în regiune cad precipitații mici sub formă de zăpadă, vînturile o pot transporta și depune de-a lungul drumurilor și căilor ferate, îngreuind sau chiar întrerupînd circulația.

e) *Înghețul și dezghețul* este fenomenul cel mai periculos pentru căile de comunicație, sub influența lui, terasamentele pierzîndu-și stabilitatea.

Degradarea căilor prin îngheț și dezgheț se datorește: pămîntului de fundație, care prezintă pericol de îngheț; prezenței apei în zona de îngheț; temperaturei scăzute de lungă durată.

Sub influența temperaturii scăzute în timpul iernii, apa ridicată prin capilaritate formează prin înghețare lentile de gheață. Primăvara, prin creșterea temperaturii, gheața se topește și înmoaie stratul superior al terasamentelor. Acestea, sub sarcina vehiculelor, se deformează plastic și antrenează după ele suprastructura căilor.

După cum se constată, fenomenul de îngheț-dezgheț produce drumurilor avarii serioase. Cheltuielile efectuate cu întreținerea drumurilor sînt uneori foarte mari.

Pentru prevenirea fenomenelor de îngheț și dezgheț este necesar ca cercetările tehnico-geologice pentru căi de comunicație să stabilească:

— microclima fiecărui element geomorfologic de pe traseu;
— condițiile hidrogeologice de-a lungul traseului;
— pămînturile, care prezintă pericol de îngheț. De obicei, periculoase la îngheț sînt terenurile prăfoase și argilele prăfoase. Rocile cele mai favorabile sînt nisipurile-grosiere neprăfoase, pietrișurile și prundișurile.

Scanned with OKEN Scanner

4. CONSOLIDAREA TERENULUI PENTRU CĂI DE COMUNICAȚIE

La construirea căilor de comunicație este necesar ca terenurile să fie solide, stabile, uscate și ușor de săpat. Ori, în natură, un asemenea teren care să întrunească toate calitățile se întîlnește foarte greu, de multe ori prezentînd numeroase particularități nefavorabile, printre care cele mai importante sînt: deplasările de teren, fenomenele carstice și proprietățile fizice și mecanice care le fac inapte ca terenuri de fundații.

Cercetînd aceste fenomene, cunoscînd cauzele care le produc, se pot lua măsuri potrivite de consolidare. Așa, de exemplu, pentru prevenire și stabilirea deplasărilor de teren se cunosc numeroase metode pe care le-am studiat la capitolul respectiv. Golurile din interiorul rocilor calcaroase se pot umple cu ciment sau bitum.

Problemele care se pun însă în legătură cu terenurile moi, compresibile, sînt cele mai grele, deoarece acestea prin îmbibare cu apă se deformează. În această situație trebuie rezolvată problema apei și îmbunătățirea pămînturilor folosite la terasamente.

1) **Lupta împotriva apei.** Apele superficiale și subterane sub orice formă care apar în apropierea căilor de comunicație sînt periculoase, putînd duce la degradarea și distrugerea terasamentelor. De aceea, înlăturarea apei din zona drumurilor și a căilor ferate este o problemă care frămîntă continuu pe constructori. Metodele folosite în acest scop sînt adaptate pentru fiecare formă de manifestare a apei.

a) *Apa de ploaie* care cade pe suprafața drumului este înlăturată prin executarea unei îmbrăcăminte impermeabile. De pe îmbrăcăminte apa se scurge pe acostamente, taluze și prin șanțurile și rigolele construite de o parte și de alta a drumurilor este îndepărtată.

b) *Apele curgătoare* periclitează existența căilor de comunicație, atunci cînd acestea sînt construite pe malul rîurilor, atît prin spălarea terasamentelor și a suprastructurii cît și prin împotmoliri și distrugeri la viituri mari.

Pentru prevenirea distrugerilor, cursul rîurilor se regularizează pe distanțe mari, iar spre malul lor se construiesc ziduri de sprijin, în conformitate cu structura geologică a terenului și regimul cursurilor de apă.

Împotriva materialului solid pe care îl transportă pîraiele la viituri mari se iau măsuri de construire a barajelor de retenție și fixarea materialului prin plantații.

c) *Apele stătătoare* din apropierea căilor de comunicație întrețin o umezeală permanentă a terenului, prin aceasta producîndu-se de multe ori tasări importante sub fundația drumurilor.

Pentru înlăturarea apei din zona traseului se construiesc rigole și drenuri.

d) *Zăpada.* În regiunile de șes, datorită vînturilor, zăpada chiar în cantitate mică este spulberată și depusă în zona drumurilor.

Pentru a feri drumurile de acumularea zăpezii, de-a lungul lor pe direcția vîntului se plasează paravane de scînduri (para-zăpezi), care se ancorează în așa fel încît să nu poată fi luate de vînt.

Scanned with OKEN Scanner

e) *Lavinele* sînt alunecări de zăpadă pe versanții munților. Avalanșele au de obicei un drum neschimbat, fiindcă se produc întotdeauna pe aceleași pantea brupte. Pentru protejarea drumurilor împotriva avanlanșelor de zăpadă, în coasta munților se sapă trepte orizontale (berme), colțuri stîncoase, de care avalanșele, izbindu-se, se pot sfărîma și împrăștia. Uneori, pentru împiedicarea căderii avalanșelor pe drum, de-a lungul acestuia se construiesc ziduri de sprijin, tunele, galerii etc.

f) *Apele subterane* produc în teren alunecări și prăbușiri, ca efect al înmuierii rocilor argiloase și spălării substanțelor solubile.

Impotriva apelor subterane din zona căilor de comunicație se iau următoarele măsuri :

— împiedicarea pătrunderii apelor de precipitație în teren prin construirea unor ecrane impermeabile ;

— favorizarea scurgerii rapide a apelor prin executarea rigolelor și drenurilor impermeabile ;

— asecarea terenurilor prin drenuri și puțuri filtrante ;

— coborîrea nivelului hidrostatic prin pomparea apelor din puț ;

— înălțarea cotei platformei ;

— impermeabilizarea terenurilor prin injectări de ciment, emulsii bituminoase sau chiar suspensii argiloase.

2) **Imbunătățirea terenului.** La construirea căilor de comunicație se întîlnesc terenuri cu calități tehnice diferite, bune și rele.

Un teren bun pentru construirea căilor de comunicație trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— să aibă granule uniforme, porozitate și permeabilitate mică ;

— să aibă coeziune mare și compresibilitate mică ;

— să reziste la acțiunea agenților atmosferici ;

— în contact cu apa să nu se înmoaie, să nu se umfle și să nu se dizolve ;

— prin uscare să nu se crape sau să se prăfuiască ;

— să reziste la îngheț și dezgheț ;

— să constituie o pătură continuă, de grosime mare și uniformă și să aibă poziție orizontală ;

— să reziste la circulație.

Valoarea unui teren pentru drumuri se estimează în funcție de raportul dintre cantitățile de argilă, praf și nisip care compun materialul ales. Dacă una din aceste fracțiuni este în cantitate mai mare decît este necesar, terenul respectiv nu este bun pentru drumuri. De exemplu :

— predominarea argilei poate avea consecințe bune și rele : dacă terenul este umed, aderă la roți cu formare de gropi adînci ; dacă terenul este uscat, el se prezintă foarte solid cu coeziune deosebită ;

— predominarea nisipurilor are următoarele efecte : cînd terenurile sînt uscate, nu au coeziune și permit înfundarea roților în ele, ceea ce necesită un plus de energie pentru mișcare ; umezeala în cantitate mică dă terenurilor nisipoase oarecare coeziune, iar o cantitate prea mare de apă le dă posibilitatea să curgă ;

— terenurile, cu o cantitate de material fin, pelitic prea mare, în stare uscată dau un strat gros de praf, iar în stare umedă își pierd stabilitatea.

Pentru îmbunătățirea terenurilor de fundație a drumurilor s-au stabilit amestecuri optime din fracțiunea nisip, praf, argilă. Ținînd seama de

Scanned with OKEN Scanner

dimensiunile granulelor de nisip, s-au obținut trei amestecuri optime:

1) Nisip grosier	— 70÷85%		2) Nisip mijlociu	— 55÷75%	
praf	— 20÷10%		praf	— 35÷18%	
argilă	— 10÷ 5%		argilă	— 10÷ 7%	
	3) Nisip fin	— 40÷60%			
	praf	— 45÷25%			
	argilă	— 15÷ 8%			

După cum se constată, cantitatea optimă din fracțiunea argilă este de 7÷10%, maximum 15%. În regiunile umede, procentul de argilă trebuie să fie mai mic; în regiunile uscate este necesară o cantitate mai mare de argilă, pentru a nu se pierde coeziunea terenului.

Îmbunătățirea terenului pentru drumuri se mai poate realiza prin:

— drenarea apei; se execută rigole și drenuri de captare și colectare a apelor superficiale și subterane;

— adaosuri higroscopice; în masa terenului se introduc substanțe care absorb apa și o păstrează tot timpul. Se menține astfel un anumit grad de umiditate, pentru care terenul este stabil. Substanțele cele mai des folosite sînt: clorură de calciu ($CaCl_2$) și sarea gemă (NaCl). Aceste substanțe se introduc în cantități anumite, în funcție de natura terenului, profilul drumului, regimul climatic etc.;

— lianți; prin introducerea lianților, ciment, bitum, uleiuri etc. se obține coeziunea maximă;

— electroosmoză, înlăturarea apei din terenurile de fundație pe cale electrică.

În tabela 13 sînt redate succint terenurile care trebuie îmbunătățite și materialele folosite pentru aceasta (după V. Priklonski).

Tabela 13

Metode de îmbunătățire a terenului pentru căi de comunicație

Metoda de lucru	Materiale folosite pentru îmbunătățire	Pămîntul la care se recomandă
Adaos granulometric	Pietriș, piatră spartă, zgură, nisip, argilă, argilă nisipoasă	Argile, argile nisipoase, prafuri, nisipuri
Lianți organici	Bitum, ulei, gudroane, emulsii bituminoase	Nisipuri, argile nisipoase, argile prafuri
Lianți anorganici	Ciment, ciment matalurgic ciment cu zgură, praf de var, var stins	Nisipuri, prafuri nisipoase, prafuri, argile, argile nisipoase
Adaosuri higroscopice	$CaCl_2$, $MgCl_2$, ClNa	Nisipuri și prafuri
Prelucrarea termică	Lemn, vreascuri	Argile nisipoase și argile
Întărirea combinată	Adaosuri granulometrice + lianți organici Adaosuri granulometrice + lianți anorganici Adaosuri granulometrice + săruri higroscopice Lianți organici + anorganici Ardere + lianți organici	Argile, argile nisipoase prafuri

5. ZIDURI DE SPRIJIN

Cînd taluzele debleelor și rambleelor nu se pot menține în mod natural, acestea se susțin cu ziduri de sprijin.

Zidurile de sprijin sînt construcții alcătuite din piatră brută în zidărie uscată sau cu mortar de ciment, beton simplu sau beton armat.

Zidurile de sprijin se construiesc cu scopul de a micșora cubajul săpăturilor (fig. 118) sau umpluturilor (fig. 117 și deci ampriza căilor ferate sau a drumurilor. Ele sînt utilizate de obicei la construirea căilor de comunicație pe văi, în regiunile muntoase, unde spațiul de care dispune constructorul este limitat.

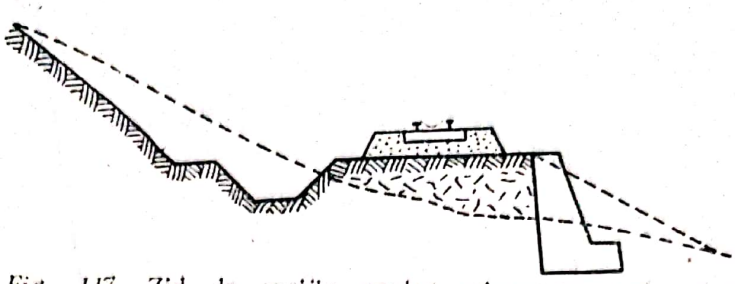


Fig. 117. Zid de sprijin pentru micșorarea volumului umpluturilor.

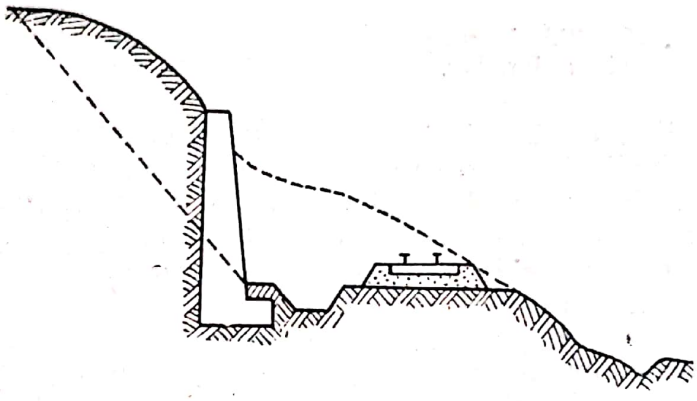


Fig. 118. Zid de sprijin pentru micșorarea cubajului săpăturilor.

Zidurile de sprijin pot fi :

— ziduri masive (de greutate) ;
— ziduri cu placă și radier ;
— ziduri de sprijin cu umplutură permeabilă.

a) *Ziduri de greutate.* Zidurile de greutate se execută de obicei din beton sau zidărie de piatră, cu sau fără mortar.

Zidurile de sprijin sînt neîncastrate în teren. Ele lucrează numai prin greutatea lor proprie. Au dimensiuni mari, din care cauză sînt foarte costisitoare, mai ales cînd sînt alcătuite din beton (fig. 119).

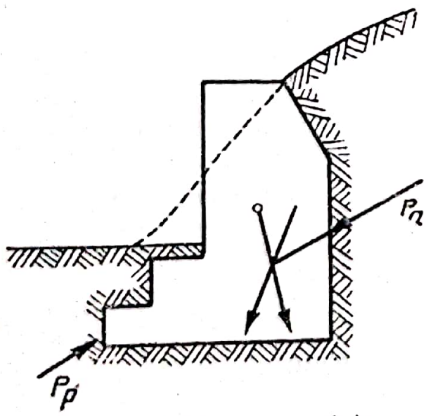


Fig. 119. Zid de greutate.

Ziduri de sprijin cu parament frînt. Pentru economisirea materialului de construcție, zidurile de greutate cu înălțimi mari sînt curent executate cu paramentul interior frînt. În felul acesta, centrul de greutate al zidului nu mai cade pe centrul suprafeței bazei, ci înspre amonte, mărindu-se stabilitatea zidurilor.

b) *Ziduri cu placă și radier.* Zidurile de sprijin cu placă și radier (fig. 120) sînt alcătuite dintr-un perete vertical și o placă

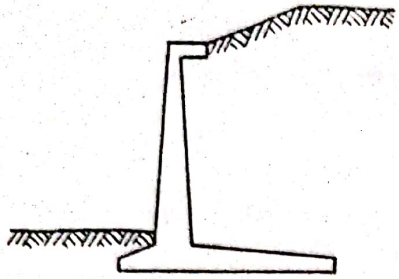


Fig. 120. Zid de sprijin cu placă și radier.

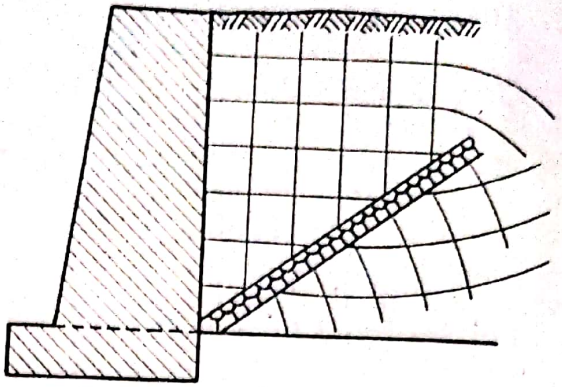


Fig. 121. Zid de sprijin cu umplutură permeabilă.

radier. Dacă zidurile sînt mai înalte de 5 m, cele două plăci, orizontală, și verticală, se unesc prin contraforturi.

Zidurile cu placă și radier au dimensiuni reduse, din care cauză sînt preferate, construirea lor fiind economică. Stabilitatea zidurilor cu placă și radier rezidă în greutatea pămîntului din spațiile zidurilor care apasă pe placa radier.

c) *Zidurile de sprijin cu umplutură permeabilă.* Apele de precipitație și apele subterane strînse în spatele zidurilor de sprijin provoacă de multe ori supraîncărcări, care duc cu timpul la deteriorarea construcțiilor.

Pentru a preveni acumularea apelor, în spatele zidurilor de sprijin se construiesc drenuri cu ieșiri în peretele zidurilor printr-o serie de deschideri, răspîndite pe toată înălțimea zidurilor, și mai ales la baza lor (fig. 121).

Pentru ca drenurile să-și atingă scopul, este necesar ca ele să fie construite de-a lungul planului de lunecare. Liniile de curent și echipotențiale după care se face scurgerea apei către dren sînt drepte, verticale și orizontale și nu permit supresiuni. Orice abatere de la această regulă, construirea drenurilor în afara planelor de lunecare face ca apele să se scurgă pe linii de teren paralel cu drenurile, provocînd supraîncărcări care înclină zidurile de sprijin și le deteriorează.

Scanned with OKEN Scanner

PODURI

Podurile și podețele sînt construcții care susțin o cale de comunicație peste un obstacol (curs de apă), în scopul de a realiza continuitatea căii și de a obține un spațiu liber sau calea de comunicație.

Aceste lucrări de artă se construiesc de asemenea la încrucișarea căii de comunicație cu văi adînci, defileuri de munți etc., și nu numai pentru a asigura scurgerea apelor, dar și pentru înlocuirea umpluturilor, dacă executarea acestora este imposibilă — sau este mai costisitoare decît construcția unui pod, sau pentru a ridica o cale deasupra unei zone întregi de teren — așa-numitele estacade.

Delimitarea între poduri și podețe se face pe baza deschiderii lucrării respective, limita fiind 10÷12 m.

1. ELEMENTELE UNUI POD

Un pod se compune din două părți: infrastructură și suprastructură (fig. 122).

Infrastructura podurilor este formată din aparate de reazem și infrastructura propriu-zisă, adică picioarele podului, care sînt de două feluri, și anume: *culee* (elementele infrastructurii de la extremitățile podului) și *pile* (elementele infrastructurii situate între cele două culee).

Suprastructura podurilor este alcătuită din *cale* și elementele principale de rezistență, care formează *tablierul* și care realizează spațiul liber.

După materialul de construcție din care este confecționată suprastructura podurile se clasifică în:

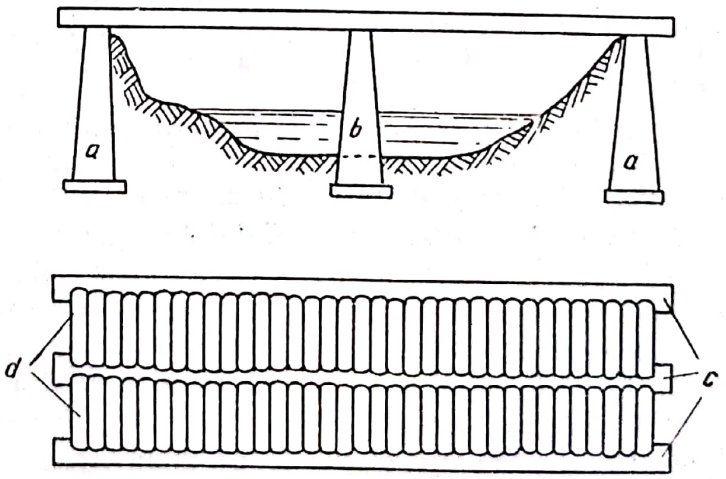


Fig. 122. Elementele unui pod. Infrastructura: *a* — culee; *b* — palee sau pile. Suprastructura. *c* — tablierul; *d* — platelajele

— poduri de lemn ;
— poduri de zidărie ;
— poduri metalice.

Această clasificare este convențională și caracterizează numai partea principală a podului — suprastructura — deoarece nu întotdeauna un pod se construiește dintr-un singur material. De exemplu, un pod poate avea suprastructura din lemn și infrastructura din zidărie, sau podurile metalice care au în general infrastructura din zidărie.

2. STUDII TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU CONSTRUIREA PODURILOR

Fixarea amplasamentului, alegerea tipului și construirea unui pod depind de o serie de factori, a căror studiere permite realizarea unei construcții la un preț de cost minim și care să corespundă și din punctul de vedere al exploatării.

Alegerea amplasamentului podurilor necesită studii amănunțite de teren și de laborator, pentru determinarea condițiilor celor mai favorabile de rezistență a terenului, executarea lucrărilor și îndeplinirea cerințelor economice și estetice.

In cazul construirii căilor de comunicație noi și modernizarea celor existente, podurile se construiesc acolo unde situația convine cel mai bine ; numai atunci cînd se pune problema construirii unui pod în prelungirea unui drum principal sau nu există condiții mai favorabile este acceptată construirea podurilor în punctele obligatorii, cu condiția luării de măsuri menite să îmbunătățească calitatea terenului.

Alegerea tipului de pod și modul de executare al lucrărilor depinde de destinația care i se dă : cale ferată, șosea etc., condițiile locale, factorii economici de exploatare etc.

Pentru executarea cercetărilor tehnico-geologice este necesar ca să se cunoască dinainte o serie de caracteristici ale rîurilor, peste care urmează să se construiască poduri. Acestea se obțin de la Comitetul de Stat al Apelor (C.S.A.), se confruntă cu realitatea de pe teren și se îmbogățesc prin observații minuțioase, făcute cu ocazia deplasării la fața locului. Este obligator să se cunoască :

a) *Planul cursului rîului ;* bazinul de alimentare, configurația terenului, constituția geologică a regiunii, zonele inundabile și zonele afectate de deplasări de teren, lucrările de apărare existente ;

b) *Profilul longitudinal al rîului* pe zona care interesează. Acesta trebuie să cuprindă : caracterul malurilor, zonele submersibile, nivelul apelor pe anotimpuri și la viituri mari, lucrările de artă existente pe acest traseu ;

c) *Profile transversale* în punctele mai importante de trecere, cu indicarea nivelului apei la etiaj, la viituri mari și a zonelor inundabile ;

d) *Constituția geologică* a malurilor pe porțiunea care interesează și indicarea zonelor cu fenomene de alunecare ;

e) *Debitul și viteza medie a curentului de apă* în dreptul lucrărilor de traversare.

Scanned with OKEN Scanner

Inainte de începerea cercetărilor pentru alegerea amplasamentului unui pod este necesar să se țină seama de o serie de considerații generale, deduse din practică, cum sînt :

— podul se amplasează acolo unde rîul are lățimea mică și în așa fel încît să nu tulbure cursul natural al apei ;

— traversarea se face perpendicular pe direcția de curgere a apei și la distanță apreciabilă de confluență a două rîuri ;

— axa podului trebuie să fie pe cît posibil în aliniament și palier. Cînd nu este realizabil acest lucru, declivitatea nu trebuie să depășească pentru poduri de șosele 1 : 40 la șes, 1 : 30 la deal și 1 : 20 la munte ; iar pentru poduri de căi ferate : 1 : 200 la șes, 1 : 100 la deal și 1 : 60 la munte.

Cunoscînd toate aceste date se pot întreprinde cercetări tehnico-geologice. Caracterul și programul acestor cercetări sînt determinate de trei factori principali :

— tipul de pod și importanța lui ; podul în arc fiind foarte sensibil la tasări, reclamă cercetări tehnico-geologice mai amănunțite decît un pod cu grinzi. Podurile de cale ferată, destinate a suporta locomotive de mare tonaj — circa 20 tf/osie, cer studii mult mai detaliate decît podurile de șosele etc. ;

— modul de fundare și tipul fundațiilor proiectate ; fundații pe chesoane, piloți, gropi deschise etc. ;

— particularitățile tehnico-geologice ale regiunii în care se va construi podul : condițiile geomorfologice, geologice și hidrogeologice etc.

3. CONDIȚIILE GEOLOGICE ÎNTÎLNITE FRECVENT LA CONSTRUIREA PODURILOR

In construirea podurilor peste rîuri se întîlnesc în general următoarele condiții geologice :

a) *Malurile și fundul albiei sînt alcătuite din roci coezive* (fig. 123, *a*). Studiul tehnico-geologic se reduce la determinarea stabilității malurilor, încercări de rezistență la compresiune și forfecare.

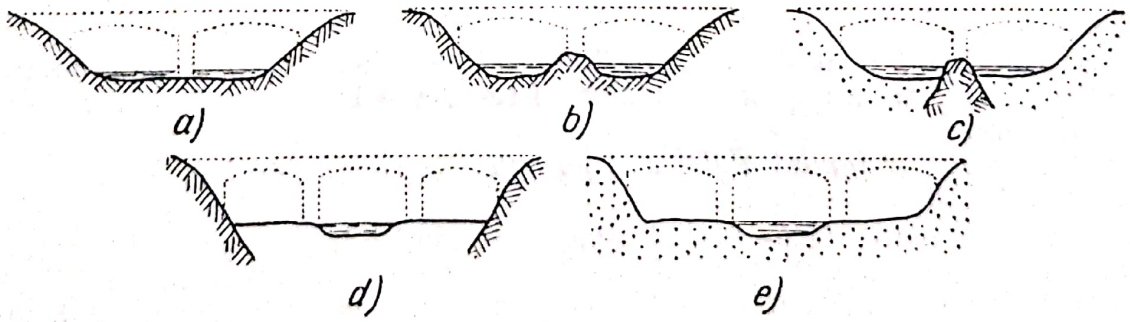


Fig. 123. Condițiile geologice întîlnite frecvent la construirea podurilor.
(după A. Desio).

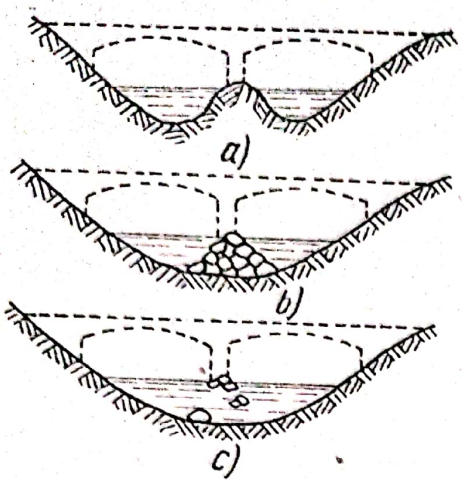


Fig. 124. Amplasarea pilelor pe ridicăturile de pe fundul albiei : (după A. Desio).

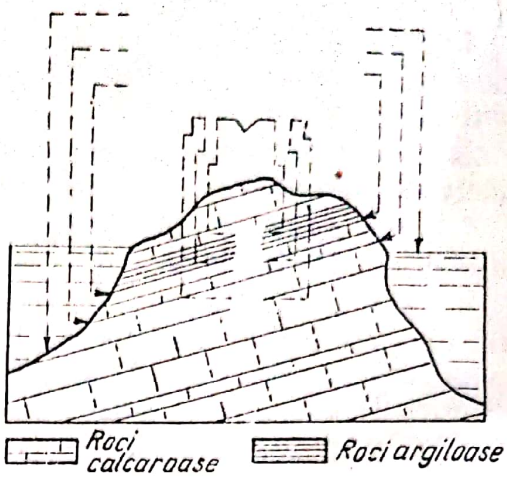


Fig. 125. Amplasarea pilelor în roci stratificate înclinate.

Pentru rocile masive și compacte este necesar să se stabilească grosimea stratului de alterație, condițiile în care se alterează rocile și adîncimea de îngheț ;

b) *Malurile alcătuite din roci coezive,* iar fundul albiei prezintă ridicături care se pot datora (fig. 123, *b* și fig. 124) :

— eroziunii neregulate a apelor în roci masive (fig. 124, *a*) ;

— aglomerării de roci dure, mai mult sau mai puțin consolidate (fig. 124, *b*) ;

— eroziunii neregulate a apelor în roci stratificate (fig. 124, *c*).

In cazul arătat în figura 124, *c*, amplasarea pilelor se face în funcție de natura geologică a stratelor și gradul lor de înclinare ; în figura 125 este prezentată amplasarea pilelor pe roci calcaroase.

c) *Malurile alcătuite din roci puțin coezive,* iar pe fundul albiei apar roci coezive, de exemplu roci stîncoase.

Pentru rocile care alcătuiesc malurile se determină stabilitatea la alunecări, rezistența la compresiune și forfecare. Cu rocile care apar pe fundul albiei se procedează ca în cazul din figura 124, *c*.

d) *Malurile sînt alcătuite din roci coezive,* iar fundul albiei din roci necoezive.

Se cercetează stabilitatea malurilor ; se determină rezistența la compresiune și forfecare a rocilor din maluri și rezistența la compresiune a rocilor aluvionare.

e) *Malurile și fundul albiei sînt formate din roci necoezive.* Acesta este cazul cel mai nefavorabil.

Dacă aluviunile de pe fundul albiei sînt subțiri și stau pe roci coezive, atunci pilele se ancastrează puternic în acestea, iar greutatea podului cade mai mult pe pile. Altfel se caută ca sarcinile transmise de poduri la teren să se răspîndească eventual într-un strat gros de pietriș, reazemele construindu-se cu fundații cît mai mari.

Scanned with OKEN Scanner

4. APRECIEREA STABILITĂȚII TERENURILOR PENTRU CONSTRUIREA PODURILOR

Aprecierea stabilității terenurilor sub reazeme: culee, pile, este partea cea mai grea a cercetărilor tehnico-geologice. Pentru calculul sarcinii admisibile, în funcție de natura rocilor, inginerul proiectant trebuie să cunoască:

1) pe roci stîncoase: — compoziția petrografică a rocilor de sub fundații; — rezistența la compresiune pe probe cu umiditatea naturală, luate de sub nivelul tălpii fundației. În general, rocile stîncoase au $R_c = 300—3\,500$ kg/cm². Sînt excluse tasările;

2) pe roci semistîncoase: — compoziția petrografică a rocilor; — rezistența la compresiune paralel și perpendicular pe șistozitate. În general, rezistența la compresiune a rocilor semistîncoase este 50—500 kg/cm², ceea ce face ca fundarea pilelor pe asemenea roci să aibă un coeficient de siguranță suficient;

3) pe roci solubile (calcare, gips, sare): — numărul, volumul și rezistența golurilor carstice; — puterea de dizolvare a apelor asupra rocilor; — posibilitatea măririi rezistenței lor;

4) pe roci argiloase: — umiditatea naturală; — plasticitatea; — greutatea specifică și greutatea volumetrică; — rezistența la compresiune pe roci luate din cele cinci puncte de foraj, pe adîncimi diferite. Dacă este cazul, se vor face încercări de compresiune în puțuri sau foraje la adîncimea de fundare presupusă;

5) pe roci nisipoase: — analiza granulometrică; — greutatea specifică și greutatea volumetrică: — gradul de îndesare;

6) pe prundișuri și pietrișuri: — analiza granulometrică; — greutatea volumetrică în stare naturală.

La fundarea culeelor se cer o serie de determinări în plus față de pile, și anume:

— rezistența la forfecare a rocilor, unghiul de frecare interioară; coeziunea;

— existența deplasărilor de teren pe malurile rîului și posibilitatea declanșării acestor fenomene.

Cum de obicei malurile rîurilor suferă deplasări de teren prin schimbarea direcției curentului de apă, este necesar ca culeele să se amplaseze la adîncime suficientă, încît suprafața alunecărilor de teren posibile să cadă mult deasupra tălpii fundației culeelor (fig. 126).

Pentru prevenirea spălării malurilor rîurilor, în apropiere de pod se iau măsuri de regularizare a cursurilor rîurilor și de întărire a malurilor.

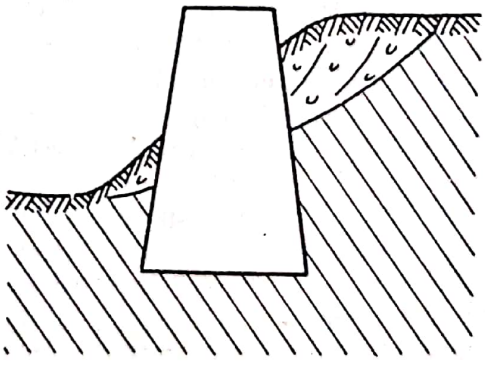


Fig. 126. Amplasarea culeelor în cazul alunecărilor de teren.

Scanned with OKEN Scanner

AEROPORTURI

Aeroporturile sînt suprafețe de teren speciale, amenajate pentru decolarea și aterizarea avioanelor. În afară de cîmpul de zbor, aeroporturile cuprind și o serie de edificii necesare diverselor oficii și personalului care le deservesc, ca și pentru adăpostirea călătorilor.

Construirea aeroporturilor cere ca terenurile să îndeplinească o serie de condiții fizico-geografice, economice și geotehnice.

1) **Condiții fizico-geografice**

a) Suprafața terenurilor să fie plană; dacă terenurile prezintă neregularități, aducerea lor la forma plană să se facă cu ușurință.

b) Să aibă dimensiuni suficiente; marile aeroporturi au 2,5÷3 km lungime.

c) Suprafețele alese să fie ușor accesibile zborului din toate părțile. Obstacolele naturale din jurul aeroporturilor reprezentate prin diferite forme de relief să aibă diferențe de nivel mici în raport cu suprafața aeroporturilor.

Aeroporturile construite pe văi au accesibilitatea redusă, deoarece aparatele de zbor au o singură direcție de decolare și aterizare, limitată la firul văii.

d) Vînturile să nu fie puternice.

e) Să fie distanțate față de zonele inundabile.

2) **Condiții economice**

a) Suprafețele de teren să fie la distanțe mici de centrele care trebuie deservite, însă mai mari de 20 km.

b) Să fie apropiate de căile mari de comunicație.

3) **Condiții geotehnice**

a) Să reziste la compresiune și în același timp să fie elastice. Cele mai bune terenuri pentru construirea aeroporturilor sînt terenurile alcătuite din roci necoezive; pietrișuri, nisipuri, îndeosebi aluviunile rîurilor. Acestea au compresibilitate redusă și sînt relativ elastice.

b) Să aibă coeficient de permeabilitate ridicat. Această proprietate este necesară pentru absorbția rapidă a apelor de precipitație.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă terenul este alcătuit din roci puțin permeabile sau impermeabile, în timpul precipitațiilor abundente apa se poate acumula sub formă de bălți. Folosirea intensă a aeroporturilor cu bălți dă naștere la noroi, care îngreuiază mult decolarea și aterizarea aparatelor de zbor.

Pentru prevenirea formării bălților pe terenurile alcătuite din roci impermeabile, cîmpul de zbor se construiește cu înclinare mică, suficientă ca apele de precipitație să se scurgă ușor de pe suprafața lui, fără însă a prejudicia decolarea și aterizarea avioanelor.

In cazul cînd aeroportul trebuie să aibă forma perfect plană și precipitațiile atmosferice sînt abundente, pentru înlăturarea apelor se execută o rețea de drenuri subterane.

c) Pînza de apă să fie relativ adîncă. Existența pînzei de apă la adîncime mică (1 m) are numeroase inconveniente ; de exemplu :

— în timpul precipitațiilor abundente, nivelul hidrostatic se poate ridica pînă la suprafața terenurilor, provocînd înecarea aeroporturilor ;

— favorizează formarea și staționarea ceții ;

— în timpul iernilor geroase, prezența apei la adîncime mică favorizează înghețarea terenurilor și staționarea zăpezii timp mai îndelungat.

Terenurile, și îndeosebi cele nisipoase, datorită vînturilor sau decolării aparatelor de zbor dau naștere la nori de praf. Praful în cantitate prea mare micșorează vizibilitatea și cauzează motoarelor.

Pentru prevenirea formării prafului, aeroporturile se consolidează la suprafață sau se acopere cu vegetație ierboasă.

Pista de aterizare. Aeroporturile mari sînt dotate și cu pistă de aterizare. Aceasta are rolul de a suporta solicitările transmise de aparatele grele în timpul aterizării.

Pentru construirea pistei de aterizare se pune problema dimensionării, orientării și fundației acesteia.

Dimensiunile pistei de aterizare sînt determinate de caracteristicile avioanelor pentru care sînt construite.

In ceea ce privește orientarea pistei de aterizare, aceasta se alege în funcție de regimul vînturilor și de direcția lor predominantă. Pentru obținerea datelor referitoare la regimul vînturilor se face apel la stațiunile meteorologice, situate în vecinătatea viitorului aeroport. Datele trebuie să fie luate pe perioade de timp cît mai lungi. Ele trebuie să se refere la frecvența și intensitatea vînturilor pe diferite direcții. Cunoscînd toate aceste date, pista de aterizare se construiește pe direcția vîntului predominant.

Structura pistei și a terenului de fundație ridică probleme asemănătoare cu acelea de la construirea drumurilor. Terenul de sub fundația pistei trebuie să fie puțin compresibil și elastic. Cunoașterea compoziției litologice a subsolului și a caracterelor fizice și mecanice ale rocilor se obține prin lucrări de explorare și încercări de laborator.

Dacă terenul de fundație a pistei nu corespunde cerințelor, se procedează la îmbunătățirea lui prin diferite metode.

Scanned with OKEN Scanner

FUNICULARE ŞI STÎLPI PENTRU LINII DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Funicularele sînt căi aeriene utilizate frecvent pentru transportul materialelor, mai puţin pentru persoane.

O instalaţie de funicular este alcătuită din: calea propriu-zisă, cablul tractor, vehiculul şi staţiile (fig. 127).

Calea este constituită din cabluri purtătoare, sprijinite pe piloni, reazime care asigură înălţimea de suspensie a cablurilor şi transmit la teren sarcinile.

Staţiile funicularului sînt construcţii speciale, amplasate la capetele liniei-staţii terminus, la intersecţia aliniamentelor — staţii intermediare şi în porţiunile convexe ale liniei — staţii de vîrf şi întindere.

Funicularele sînt mijloace de transport cu traseul cel mai scurt. Ele străbat orice teren accidentat (fig. 128). Din această cauză, construirea funicularelor reclamă cercetări tehnico-geologice minuţioase cu privire la terasamente şi fundaţia pilonilor şi a staţiilor.

Atenţia cercetărilor tehnico-geologice se îndreaptă în primul rînd asupra stabilităţii terenului. Cum de obicei deschiderea între piloni poate varia

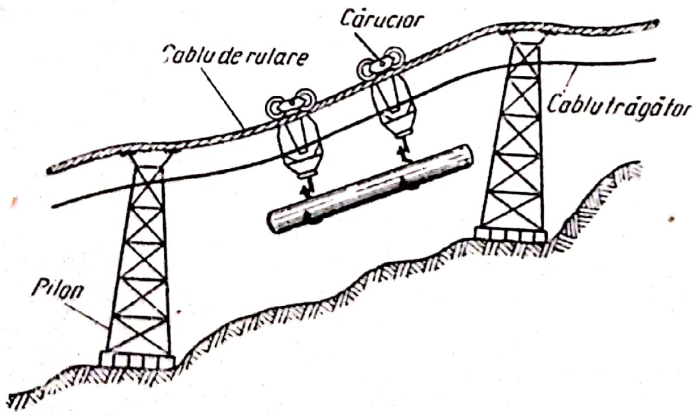


Fig. 127. Alcătuirea unei instalaţii de funicular.

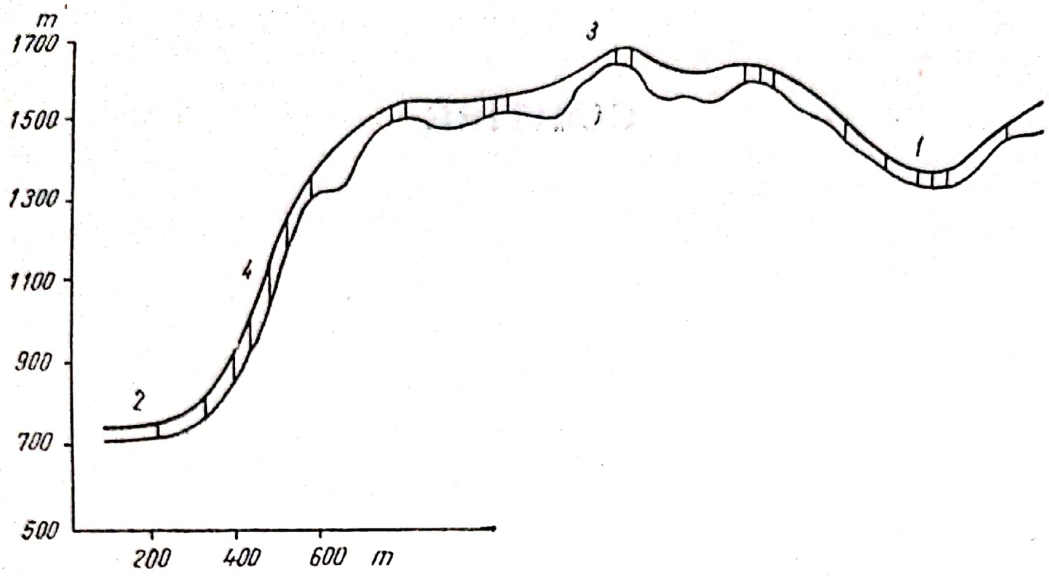


Fig. 128. Profilul traseului unui funicular :
1 — stație de încărcare ; *2* — stație de descărcare ; *3* — stație de vîrf ; *4* — stație de întindere.

între limite foarte largi (pînă la 1 000 m), desigur că se găsesc ușor amplasamente convenabile. În zonele în care terenul nu corespunde, se iau măsuri pentru asigurarea stabilității prin combaterea eroziunii, construirea de ziduri de sprijin, ancore etc.

Amplasarea stîlpilor pentru linii de înaltă tensiune ridică aceleași probleme ca și construirea funicularelor, cu deosebirea că distanța între stîlpi se menține aproximativ aceeași.

Scanned with OKEN Scanner

CIMITIRE

Exigențele igienice și practice cer ca alegerea locului pentru cimitire să se facă după anumite norme. Aceste norme sînt de ordin topografic, economic și geologic.

Din punct de vedere topografic, în regiunile de șes, locul ales pentru cimitire trebuie să fie pe cît se poate plan sau ușor de adus la forma plană. În regiunile de munte, ridicături și îndeosebi colinele și terasele aluvionare oferă condiții topografice mai convenabile.

Fie la șes, fie la munte, cimitirele trebuie să aibă suprafață suficientă, pentru a nu dezgropa cadavrele decît după un număr de ani, cînd procesul de putrefacție este terminat.

Considerentele de ordin geologic prevăd ca locul cimitirelor să fie :

— stabil, neafectat de alunecări de teren sau predispus la asemenea fenomene ;

— suficient de permeabil, pentru ca produsele de putrefacție să se disperseze cu ușurință ;

— suficient de aerisit și uscat ;

— să nu aibă legături cu pînzele de apă freatică care alimentează izvoarele. Din această cauză, cimitirele se situează de regulă în aval de centrele locuite.

Terenurile cele mai potrivite pentru amplasarea cimitirelor sînt cele calcaroase, deoarece în acestea materia organică se distruge foarte repede. Urmează apoi depozitele aluvionare calcaroase, mai puțin silicoase, pentru că cele silicioase conservă materia organică.

Terenurile argiloase nu sînt indicate pentru înhumare, fiindcă apa de precipitație poate să stagneze la suprafață și, în plus, constituie un obstacol în calea dispersării produselor de putrefacție.

În aceeași situație sînt și terenurile îmbibate puternic cu apă, cum sînt aluviunile din albia rîurilor, stratele cu apă freatică și apă captivă. Apa îngreuiază mult desfășurarea procesului de putrefacție. Se cunosc cazuri

cînd cadavre îngropate în aluviuni, acoperite mai tot timpul de apă, se menţin în stare de conservare bună, chiar după ani de zile. Un exemplu în această privinţă îl constituie unele cimitire de la Verdun, unde sînt înhumaţi soldaţii căzuţi în război : cadavrele îngropate pe văile rîurilor, acoperite de apă, dezgropate în 1921, după aproape 4 ani de la război erau în stare de conservare bună, recunoscîndu-se uşor cei îngropaţi ; cadavrele îngropate pe coline, în terenuri uscate şi aerisite putreziseră, rămînînd doar osemintele.

Scanned with OKEN Scanner

TUNELURI

A. GENERALITĂȚI

1. ELEMENTELE UNUI TUNEL

La un tunel se deosebesc următoarele elemente (fig. 129) :

a) *Corpul tunelului* — este alcătuit din escavația însăși, menținută printr-o susținere specială, numită manta sau căptușeală.

Corpul tunelului cuprinde : doi pereți laterali (picioare drepte), bolta și, în unele cazuri, un radier în bolta răsturnată.

b) *Portalele* — construcții speciale amplasate la intrarea și ieșirea din masivul muntos ; au menirea de a menține stabilitatea terenului la capetele tunelului.

c) *Tranșeele de acces* — săpături făcute la poalele masivului muntos, cu scopul de a ușura accesul spre tunel.

d) *Zidurile de sprijin* — construcții de beton sau zidărie de piatră, executate cu scopul de a menține stabilitatea taluzurilor tranșeelor.

e) *Nișe* — escavații în pereți laterali ai tunelelor, făcute cu scopul de a adăposti lucrătorii și materialele de linii în timpul circulației vehiculelor.

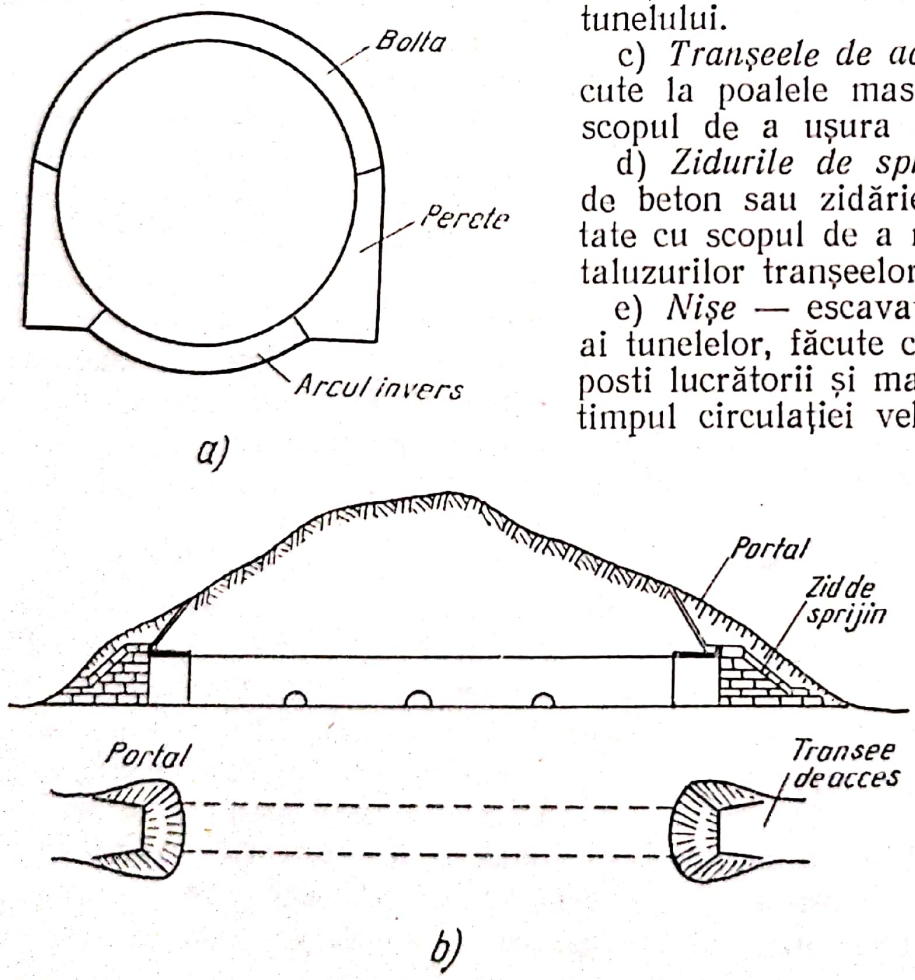


Fig. 129. Elementele unui tunel :
a — alcătuirea corpului unui tunel ; *b* — părțile principale ale unui tunel.

2. TRASEUL TUNELURILOR

Forma traseului tunelurilor este subordonată condițiilor tehnice impuse de scopul construirii tunelurilor și înscrierii căii de comunicație deservite în regiunea respectivă.

De obicei, traseul tunelurilor este în linie dreaptă (alineament), însă din cauza dificultăților de escavare sau a declivităților prea mari se construiesc și tuneluri în aliniamente racordate prin curbe. În curbe se supralărgește profilul tunelurilor.

3. CLASIFICAREA TUNELURILOR

Din punctul de vedere al destinației, tunelurile sînt de mai multe feluri: tuneluri pentru căi ferate și metropolitane (cu cale simplă sau dublă), tuneluri pentru drumuri, tuneluri mixte (căi ferate, șosele etc.), tuneluri edilitare — folosite pentru așezarea diverselor instalații tehnico-edilitare, tuneluri pentru navigație și plutărit, tuneluri hidrotehnice care servesc la abaterea apelor în timpul construirii barajelor, aducția și evacuarea apelor la uzinele hidroelectrice, tuneluri miniere — folosite în minerit pentru transport, aeraj și drenare, tuneluri pe sub apă — înlocuiesc poduri de cale ferată și șosele, tuneluri speciale — construcții speciale subterane, folosite pentru uzine hidroelectrice, dar mai ales în scopuri militare: adăposturi, hangare de aviație, depozite de muniții etc.

B. CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU TUNELURI

În construcția tunelurilor, cercetările tehnico-geologice au o deosebită importanță, deoarece de rezultatele acestor cercetări depinde proiectarea tunelurilor, desfășurarea excavațiilor și siguranța lor.

Cercetările tehnico-geologice pentru tuneluri trebuie să furnizeze inginerului proiectant date care se referă la:

— compoziția petrografică a rocilor și succesiunea lor stratigrafică;
— tectonica regiunii: modul de zăcămînt al rocilor, falii, fisuri etc., repartiția tensiunilor în zăcămînt;
— proprietățile fizice și mecanice ale rocilor: rezistența la perforare, rezistența la compresiune, gradul de alterare a rocilor;
— umiditatea rocilor: apele subterane, modul lor de alimentare, circulația prin roci, compoziția chimică etc.;
— comportarea rocilor față de apă;
— repartiția temperaturii în adîncime;
— existența gazelor naturale în adîncime și măsurile de protecție care trebuie luate pentru asigurarea efectuării lucrărilor în bune condiții;
— depistarea în apropiere a materialelor necesare căptușirii tunelurilor și executării portalurilor.

Lucrările tehnico-geologice nu se termină cu înaintarea memoriului. Ele trebuie continuate și în timpul executării lucrărilor pentru:

Scanned with OKEN Scanner

— controlul datelor geologice obținute prin cercetări de suprafață, în ceea ce privește stratigrafia, tectonica etc.;
— studiul cauzelor eventualelor prăbușiri sau deformări ale galeriilor și luarea de măsuri în consecință;
— studiul apelor subterane întîlnite;
— studiul condițiilor geotermice.

1. COMPOZIȚIA PETROGRAFICĂ, PROPRIETĂȚILE FIZICE ȘI MECANICE ALE ROCILOR ÎN SĂPAREA TUNELURILOR

Oricare ar fi rocile, ele opun o rezistență acțiunii mecanice exercitată asupra lor. Această rezistență depinde de compoziția mineralogică a rocilor, structura și textura lor, gradul de alterare și fisurare.

In ceea ce privește compoziția mineralogică este de reținut că cele mai rezistente sînt rocile bogate în cuarț, cum sînt: cuarțitele, gresiile și conglomeratele cuarțitice. Vin apoi rocile eruptive și metamorfice, bogate în cuarț și feldspat, precum și dolomitele și calcarele compacte.

Structura și textura influențează de asemenea tăria rocilor. Rocile alcătuite din elemente relativ mici, răspîndite uniform în toată masa rocilor și bine legate, sînt mult mai rezistente decît rocile neomogene, constituite din elemente de dimensiuni diferite.

Gradul de fisurare și alterare a rocilor interesează săparea tunelurilor în mod deosebit. Oricît ar fi de dure rocile, ele pot fi ușor excavate, dacă sînt puternic frămîntate și fisurate. Cuarțitele, gresiile și conglomeratele cuarțitice, rocile eruptive acide se extrag ușor dacă prezintă fisuri, de-a lungul cărora sfredelul perforatoarelor poate să pătrundă. Același lucru se poate spune și despre gradul de alterare. Este știut că rocile eruptive sînt greu de străbătut cînd sînt proaspete. Dar dacă ele sînt alterate, se extrag cu ușurință și, în schimb, provoacă presiuni mari asupra susținerii.

Alternanța rocilor dure cu roci moi are de asemenea importanță în săparea tunelurilor. Rocile dure și foarte dure se perforează greu, iar cele mai puțin dure se excavează mai ușor. De aceea, pentru întocmirea devizelor este necesar să se cunoască compoziția petrografică a rocilor și lungimea pe care se întîlnesc roci cu duritate anumită.

Pentru săparea tunelurilor este necesar să se determine în laborator proprietățile fizice și mecanice ale rocilor: rezistența la compresiune, forfecare și întindere, coeziunea și unghiul de frecare interioară, comportarea rocilor la descărcare, higroscopicitatea, permeabilitatea și gradul de înmuiere, gradul de fisurare, influența gazelor din fumul locomotivelor asupra rocilor etc.

2. RELAȚIILE DINTRE TUNELURI ȘI TECTONICA ROCILOR

Este știut că mișcările orogenice produc în roci numeroase cute, încălecări, falii și crăpături, care pot avea influență asupra tunelurilor. Așa de exemplu, poziția stratelor influențează repartiția presiunilor, înainta-

rea și finisarea tunelurilor. Crăpăturile și faliile constituie zone mai mult sau mai puțin mobile, care în timpul cutremurelor se pot deplasa, ducînd la distrugerea căptușelii.

Între tuneluri și tectonica rocilor se pot întîlni diferite relații, și anume:

a. Relații între tuneluri și planul de stratificație

Orientarea planului de stratificație a rocilor față de axa tunelurilor poate determina condiții deosebite de excavare și stabilitate a tunelurilor (fig. 130).

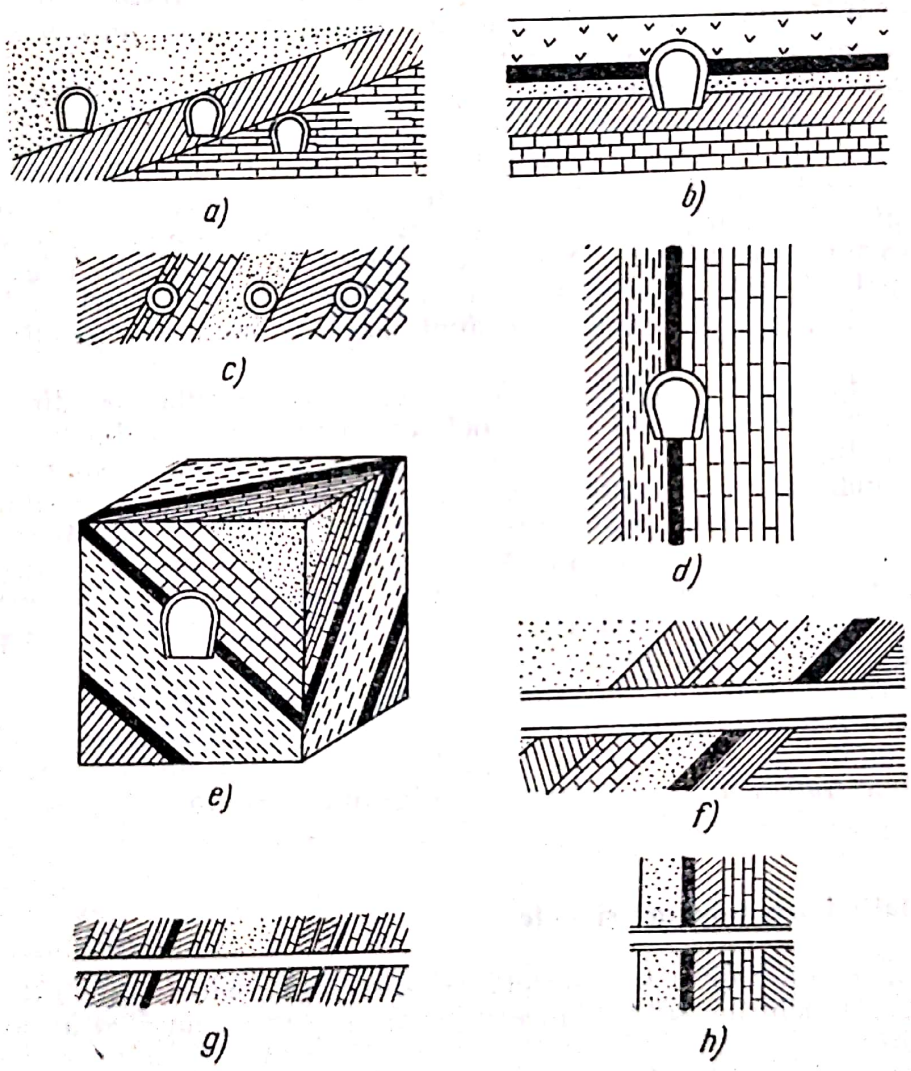


Fig. 130. Relații între tuneluri și planul de stratificație:
a, *b* — strate orizontale sau puțin înclinate; *c*, *d* — strate puternic înclinate sau chiar verticale; *e* — axa tunelului intersectează oblic planul de stratificație; *d* — axa tunelului intersectează stratele perpendiculare pe direcția lor; *f* — strate puțin înclinate; *g*, *h* — strate puternic înclinate sau chiar verticale (după F. P. Savarenski).

Scanned with OKEN Scanner

1) Axa tunelurilor este paralelă cu direcția stratelor :

a) Strate orizontale sau puțin înclinate.

— *Tunelurile se pot înscrie în grosimea unui strat* (fig. 130, *a*). Traseele tunelurilor în nisipuri acvifere sînt considerate defavorabile, deoarece condițiile de săpare sînt grele, din cauza ivirilor de apă și nisip în galerii. Sînt necesare susțineri provizorii și definitive foarte costisitoare.

In argile și marne, săpăturile se fac cu ușurință, însă se poate produce umflarea argilelor în contact cu apa, iar dacă stratul impermeabil din acoperiș nu este suficient de gros, prin înmuiere argilele se pot rupe, nisipurile se pun în mișcare, provocînd inundarea tunelurilor.

Traseele tunelurilor în calcare sînt favorabile. Excavarea necesită un consum suplimentar de explozivi, însă tunelurile sînt mult mai sigure.

— *Tunelurile se înscriu în grosimea mai multor strate* (fig. 130, *b*). Traseele tunelurilor sînt considerate favorabile, deoarece presiunea rocilor este distribuită simetric pe secțiune.

b) Strate puternic înclinate (fig. 130, *c*) sau chiar verticale (fig. 130, *d*). Traseul tunelurilor se poate menține în grosimea unui strat sau pe grosimea mai multor strate. Condițiile de săpare a tunelurilor depind de caracterul litologic al rocilor. Presiunile pe tavanul și pereții galeriilor sînt cu atît mai mari, cu cît stratele sînt mai apropiate de verticală.

2) Axa tunelurilor intersectează oblic planul de stratificație (fig. 130, *e*). Dacă tunelurile taie oblic stratele, deci pe grosimi mai mari decît grosimea stratelor, se pot produce presiuni mari pe unul din pereții tunelurilor.

3) Axa tunelurilor intersectează stratele perpendicular pe direcția lor.

a) Strate orizontale sau puțin înclinate. Cînd axa tunelurilor se menține în limitele unui strat și rocile sînt puțin permeabile, săparea tunelurilor depinde de proprietățile rocilor. Dacă rocile sînt permeabile, presiunea apelor subterane poate crește foarte mult, amenințînd săparea tunelurilor. Acest caz se întîlnește des la săparea tunelurilor pentru uzine hidroelectrice. Dacă axa tunelurilor taie stratele pe lungimi mai mari decît grosimea lor naturală (fig. 130, *f*), condițiile de săpare depind de duritatea rocilor și conținutul în apă.

b) Strate puternic înclinate sau verticale. Axa tunelurilor face cu direcția stratelor un unghi aproape de 90° și intersectează stratele pe lungimi aproape egale cu grosimea lor (fig. 130, *g*, *h*). Greutățile întîmpinate la săparea tunelurilor se datoresc conținutului în apă și presiunilor pe bolta și pereții tunelurilor.

b. Relații între tuneluri și cute

1) Axa tunelurilor este paralelă cu direcția cutelor (fig. 131, *a*). In acest caz, tunelurile se pot menține sau nu în același strat și pot fi săpate în :

a) Șarnierea anticlinalelor ; situație defavorabilă, deoarece presiunile sînt mici. Trebuie studiate tensiunile care iau naștere în bolta anticlinalelor, fiindcă, dacă acestea depășesc rezistența rocilor, dau naștere la zone de fărîmițare care periclitează stabilitatea galeriilor *1*.

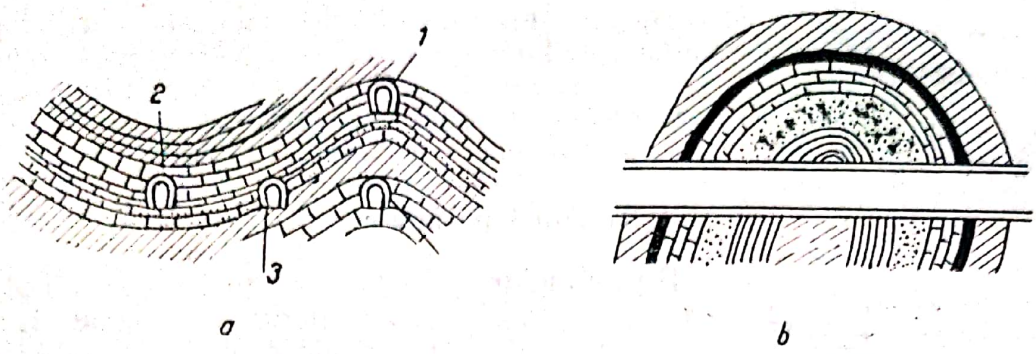


Fig. 131. Relații între tuneluri și cute:

a — axa tunelurilor este paralelă cu direcția cutelor; *1* — tuneluri în șarniera anticlinalului; *2* — tunel în axa sinclinalului; *3* — tunel în flancul anticlinalului sau sinclinalului; *b* — axa tunelurilor este perpendiculară sau oblică pe direcția stratelor (după F. P. Savarenski).

b) Axul sinclinalelor *2*; situație mai puțin favorabilă, deoarece se dezvoltă presiuni mari pe bolta tunelurilor. În plus sînt posibile viituri mari de apă sub presiune.

c) Flancul anticlinalelor sau sinclinalelor *3*; situație de asemenea mai puțin favorabilă, fiindcă pe flancurile anticlinalelor și sinclinalelor se dezvoltă presiuni mari și neregulat dispersate.

2) Axa tunelurilor este perpendiculară sau oblică pe direcția cutelor (fig. 131, *b*). Săparea tunelurilor și stabilitatea lor depinde de compoziția petrografică și presiunile rocilor. În cazul presiunilor se constată că acestea sînt mai mici în cutele anticlinale și mai mari în cele sinclinale.

c. Relații între tuneluri și falii

Este cunoscut că faliile sînt zone de mică rezistență și sînt însoțite de multe ori de fărîmițarea rocilor. În plus, faliile sînt căi de circulație a apelor subterane, care pot avea temperatură mare și mineralizație puternică. Toate acestea îngreunează mult executarea și întreținerea tunelurilor.

În ceea ce privește relațiile dintre tuneluri și falii se deosebesc două cazuri (fig. 132):

1) Axa tunelurilor este paralelă cu planul faliei (fig. 132,). În acest caz, tunelurile pot fi săpate:
— de-a lungul faliilor *a*;
— în flancul scufundat *b*;
— în flancul ridicat *c*.

Ținînd seama de faptul că faliile majore sînt însoțite întotdeauna de alte falii minore, crăpături, fisuri etc., cu orientare diferită, este bine ca tunelurile să fie săpate la distanțe cît mai mari de acestea, deoarece de-a lungul lor tunelurile se pot distruge mai ușor.

2) Axa tunelurilor traversează faliile (fig. 132, *b*). Traversarea faliilor de către tuneluri se poate face sub un unghi de 90° sau mai mic ca acesta. Oricum zona de falie este periculoasă pentru tuneluri atît în ceea ce pri-

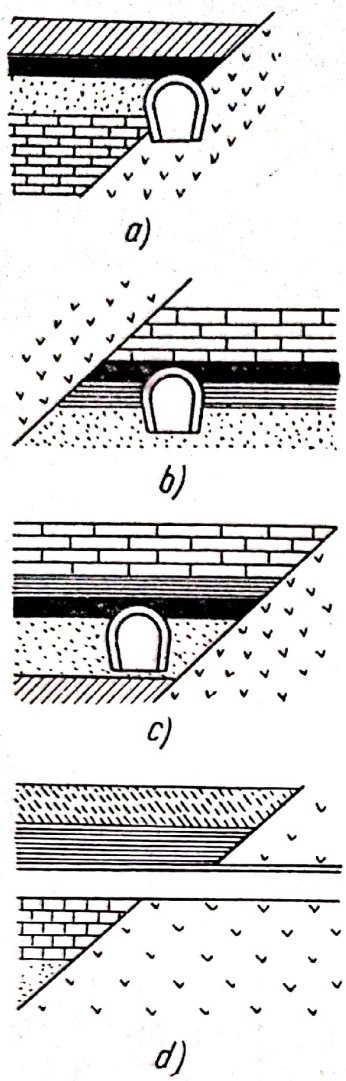


Fig. 132. Relații între tuneluri și falii:
a, b, c — axa tunelurilor este paralelă cu planul faliei; *d* — axa tunelurilor traversează planul faliei (după F. P. Savarenski).

vește presiunile cît și ivirile de apă. Cu îndepărtarea tunelurilor de accidentele tectonice se intră în terenuri sănătoase, în care construcțiile sînt mai ferite de deteriorări.

d. Tuneluri parietale

Prin tuneluri parietale se înțeleg tunelurile săpate la mică distanță și paralel cu versanții. Stabilitatea tunelurilor paritale depinde de stabilitatea

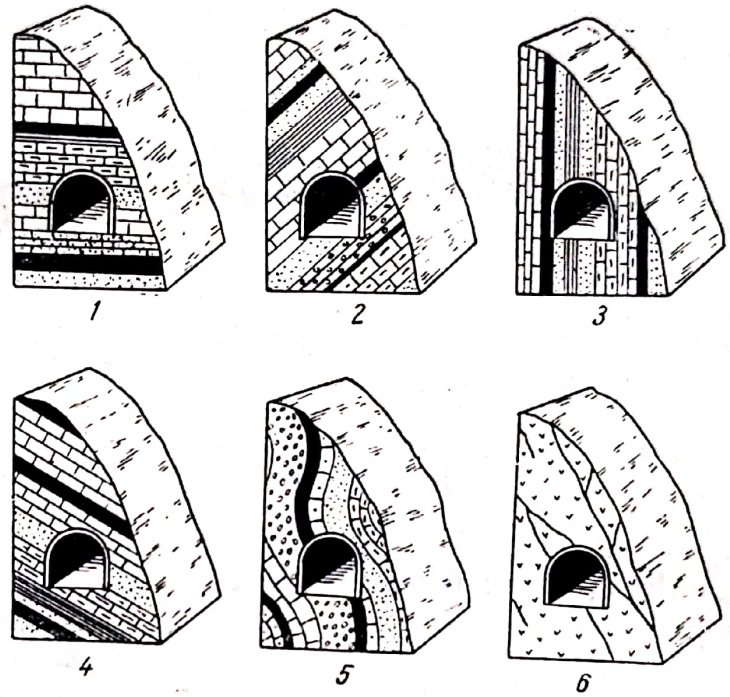


Fig. 133. Tuneluri parietale:
1, 2, 3 — tuneluri foarte stabile; *5* — tuneluri stabile; *4, 6* — tuneluri instabile (după A. Desio).

versanților și distanța la care sînt săpate tunelurile față de pereții acestora.

Stabilitatea versanților depinde, la rîndul ei, de înclinarea pantei, structura și textura rocilor, coeziunea lor, frecvența și orientarea planurilor de stratificație și a fisurilor.

Din punctul de vedere al stabilității, în raport cu planele de stratificație și fisurare, se deosebesc (fig. 133):

— tuneluri foarte stabile, săpate în roci orizontale *1*, verticale *3* sau înclinate spre interiorul versanților *2*;

— tuneluri stabile, săpate în roci cutate și redresate la verticală *5*;

— tuneluri puțin stabile, săpate în roci puternic fisurate *6* sau în roci stratificate, înclinate spre exteriorul versanților *4*.

3. CONDIȚIILE HIDROGEOLOGICE ÎN SĂPAREA TUNELURILOR

După cum se cunoaște, terenurile de la o anumită adîncime sînt impregnate cu apă. Apa subterană se poate găsi în porii rocilor, formînd strate acvifere, pe fisurile acestora sau în goluri carstice, săpate în rocile ușor solubile.

Apele subterane au presiune și temperatură anumită, în funcție de adîncimea considerată. În timpul săpării tunelurilor, prin crearea golurilor în interiorul masivelor, apele subterane pot pătrunde în interior, provocînd inundații.

Condițiile de pătrundere a apelor în tuneluri depind de modul în care acestea străbat rocile acvifere și caracterul apelor subterane. Din acest punct de vedere, se disting :

— tunelurile săpate în roci acvifere permeabile prin fisurație (fig. 134, *a*); apele subterane pătrund în tuneluri pe toată lungimea lor din direcții diferite ;

— tuneluri care străbat strate acvifere (fig. 134, *b*) ; ivirile de apă sînt limitate la zona stratelor acvifere străbătute ;

— tuneluri săpate în roci permeabile prin porozitate (fig. 134, *c*). Ivirile de apă sînt posibile pe toată suprafața construcțiilor ;

— tunelurile în șisturi cristaline ; ivirile de apă au loc de obicei pe șistozitate și zonele fracturate.

Pătrunderea apelor în tuneluri provoacă greutăți mari, atît în timpul executării lucrărilor cît și în timpul exploatării tunelurilor. Printre cele mai importante se citează :

1) Complică executarea lucrărilor. Afluxul mare de apă complică executarea lucrărilor, deoarece, ca să se poată lucra în condiții acceptabile, este necesar ca apa să fie evacuată. Uneori, debitul apelor care pătrund în tuneluri este atît de mare, încît este necesară întreruperea lucrărilor de săpare pînă la epuizarea naturală a apelor.

Pentru a avea o idee asupra cantității de apă care poate să pătrundă în tuneluri, este necesar să citățm cîteva cazuri de tuneluri, în care s-au înregistrat iviri de apă puternice. Așa, de exemplu :

— Tunelul Mont d'Or	30 000—10 000 l/s ;
— Tunelul Simplon	1 200 l/s ;
— Tunelul Marele Apenin	1 200 l/s ;
— Tunelul Harmaneck	800 l/s ;

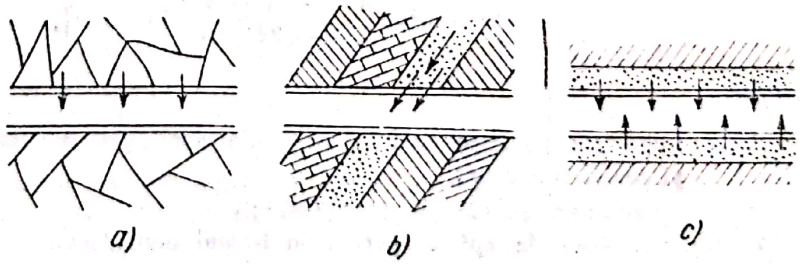


Fig. 134. Condițiile de pătrundere a apelor în tuneluri :
a — tuneluri săpate în roci fisurate ; *b*—tunelurile străbat strate acvifere; *c*—tuneluri săpate în roci permeabile prin porozitate.

— Tunelul Bosruk 800 l/s;
— Tunelul Greenchenberg 570 l/s;
— Tunelul St. Gothard 230 l/s;
— Tunelul Mont Cenis 4—7 l/s.

De menționat că cele mai mari debite s-au înregistrat în tunelurile care au străbătut roci stîncoase, deoarece viituri așa mari de apă nu pot fi acumulate decît în cavernele și crăpăturile rocilor de tipul calcarelor și dolomitelor.

Deosebită importanță în săparea tunelurilor o are temperatura apelor. Ivirile de apă fierbinte în tuneluri (55°C în tunelul Simplon) provoacă creșterea temperaturii în tunele, mărește umiditatea aerului.

2) Micșorează stabilitatea săpăturilor. Afluxul de apă în interiorul tunelurilor provoacă micșorarea stabilității tunelurilor prin:

— mărirea presiunii asupra susținerilor; multe roci prin îmbibare cu apă devin mai grele, plastice și creează pe stratele înclinate suprafețe de alunecare, mărind presiunea rocilor asupra susținerilor;

— îndepărtarea particulelor fine și a substanțelor solubile din interiorul muntelui. Rocile devin poroase și li se micșorează rezistența. Fenomenul a fost observat la tunelul Simplon, ale cărui ape conțineau mari cantități de săruri. Analizele au arătat că din interiorul muntelui s-au scos prin intermediul apelor ce pătrundeau în tunel circa 10 000 m³ de săruri.

3) Degradează căptușeala tunelului. Apele agresive, îndeosebi cele care conțin ioni de hidrogen, CO_2, SO_4, atacă puternic betoanele, metalele și rocile folosite la căptușirea tunelului.

4) Provoacă greutăți la circulație. În timpul iernii, prin afluența mare de apă în tuneluri se formează strate de gheață, care micșorează gabaritul tunelului. În plus, prin înghețarea apei pe fisuri se produce degradarea îmbrăcămintei tunelurilor.

a. Calculul infiltrațiilor

Cantitatea de apă care pătrunde în tuneluri depinde de suprafața bazinului de recepție, precipitațiile atmosferice, permeabilitatea rocilor, temperatura regiunii. Ținînd seama de acești factori, debitul apei infiltrată în tuneluri

$$Q=\frac{A\,(H-V-W)}{360\times 24\times 60}\,[\text{l/min}],$$

în care:

A este suprafața pe care se face infiltrația apei, determinată prin cercetări geologice și geomorfologice;
H — cantitatea anuală de precipitații;
V — cantitatea de apă evaporată în timpul considerat.

Scanned with OKEN Scanner

Calculul infiltrațiilor în tuneluri este foarte greu de efectuat cu precizie, îndeosebi cînd nu se bazează pe lucrări hidrologice experimentale, deoarece apa se poate infiltra pe căi numeroase și acestea nu pot fi determinate exact prin lucrări geologice de suprafață, ci numai aproximativ.

b. Măsuri împotriva pătrunderii apei în tuneluri

Măsurile de prevenire a pătrunderii apelor în tuneluri se reduc la izolarea căptușelii prin metode diferite, în funcție de natura rocii.

Pentru ca apa care se adună în jurul tunelurilor să fie în cantitate cît mai mică, este necesar ca căptușeala tunelurilor să fie cît mai lipită de roci, iar spațiul dintre aceasta și neregularitățile terenului să fie umplut cu materiale impermeabile. Materialele impermeabile des întrebuințate sînt:

— *mortarul de ciment* și *laptele de ciment* pentru golurile mai mari și fisurile de dimensiuni pînă la care poate pătrunde laptele de ciment;

— *soluții chimice;* cînd fisurile sînt umplute cu material argilos, laptele de ciment nu mai poate pătrunde. În acest caz se întrebuințează soluții de silicat de sodiu și sulfat de aluminiu, care prin diferite reacții astupă fisurile cu un gel de siliciu și silicați;

— *argilă fină;* pentru impermeabilizarea rocilor se întrebuințează și suspensiile argiloase. Pentru ca precipitarea particulelor argiloase să se facă rapid, este necesar ca soluțiilor să li se adauge coagulante, cum sînt: clorura de calciu, laptele de var, cimentul Portland etc.;

— *bitum;* în golurile mari pe fisuri se introduce bitum lichid, încălzit la 180—200°C, sub presiune. Procedeul se aplică cu rezultate bune în timpul exploatării la reparații;

— *drenuri;* în zonele pe care nu au fost executate lucrări de impermeabilizare, în spatele căptușelii se construiesc drenuri. Drenurile se execută sub nivelul tălpii tunelurilor sau la nivelul formării bolții și sînt în legătură cu o serie de orificii care străbat căptușeala tunelurilor prin care apa pătrunde în escavații, de unde este dat afară prin canale speciale.

Construirea drenurilor în spatele căptușelii tunelurilor este foarte utilă în zonele predispuse la deplasări de teren, însă are și dezavantajul că antrenează o bună parte din materialul fin prin forța hidrodinamică și transportă în soluție rocile solubile. În felul acesta se micșorează simțitor stabilitatea rocilor. În plus, dacă apele sînt agresive, atacă căptușeala de beton a tunelurilor.

Se știe că betoanele sînt în general permeabile la apă. Pentru oprirea trecerii apelor prin căptușeala de beton se procedează fie la impermeabilizarea acestora, fie la izolarea ei de ape prin diferite mijloace.

Impermeabilizarea se realizează prin torcretare, operație care constă în curățirea suprafeței interne a căptușelii cu apă și nisip și aplicarea cu aparate speciale a unui strat de ciment consistent sau a laptelui de ciment.

Izolarea căptușelii se obține cu ajutorul unor tapete impermeabile: tablă de plumb, carton gudronat, foi de ruberoid, care se aplică căptușelii pe porțiunea cu apă.

În zonele cu iviri de apă puternice, căptușeala de beton a tunelurilor este înlocuită cu tuburi de fontă sau de oțel — tubinguri (cuvelaje) — în rosturile cărora se pun șnururi de cauciuc sau paste hidroizolatoare.

4. TEMPERATURA ÎN SĂPAREA TUNELURILOR

Printre numeroasele probleme care trebuie rezolvate în legătură cu executarea tunelurilor este și aceea a temperaturii care va fi întîlnită în săparea tunelurilor. Această problemă se cere rezolvată, deoarece dacă temperatura este prea mare îngreunează mult săparea și exploatarea tunelurilor.

Este cunoscut faptul că omul poate lucra în aer uscat pînă la temperatura de +50°C, pe cîtă vreme în aer umed lucrul devine imposibil, chiar la 40°C.

Temperaturile măsurate în unele tuneluri sînt de 30,4°C la St. Gothard și 55,4°C la tunelul Simplon.

Dată fiind temperatura ridicată care se întîlnește la săparea tunelurilor adînci, este necesar ca înainte de începerea lucrărilor să se determine cu aproximație temperatura care va fi întîlnită la adîncimea considerată, pentru a se lua măsuri de întreținere a aerajului.

Pentru determinarea temperaturii la adîncimea traseului tunelurilor se iau în considerare temperatura medie externă și treapta geotermică.

Temperatura medie anuală de la suprafață se obține de la stațiile meteorologice.

Treapta geometrică, — numărul de metri pentru care temperatura crește cu 1°C este în medie de 1°C/33 mm, începînd de la stratul cu temperatura constantă. Adîncimea stratului cu temperatură constantă depinde de condițiile geomorfologice ale regiunii respective (orientarea coastelor) și prezența apelor vechi la suprafață (lacuri, ghețari etc.), iar valoarea treptei geotermice depinde de relieful regiunii, cantitatea și temperatura apelor subterane, natura petrografică și textura rocilor, conductibilitatea termică a rocilor.

Treapta geotermică întîlnită la săparea unor tunele este pentru:

— Mont Cenis	50	m/1°C.
— St. Gothard	44	m/1°C.
— Suram	44,73	m/1°C.
— Simplon	43,5	m/1°C.

Pentru cunoașterea repartiției temperaturii în adîncime se folosesc curbe geoizoterme — linii care unesc puncte cu aceeași temperatură.

Realizarea geoizotermelor presupune cunoașterea longitudinii și latitudinii regiunii, temperatura medie anuală a aerului și solului, profilul longitudinal de-a lungul traseului tunelurilor și profilul geologic de-a lungul axei tunelurilor.

Examinînd un profil cu geoizoterme (fig. 135), se constată că izoliniile nu urmează exact forma reliefului, ci sub regiunile înalte prezintă o urcare mai puțin proeminentă, iar sub depresiuni coboară lin.

Scanned with OKEN Scanner

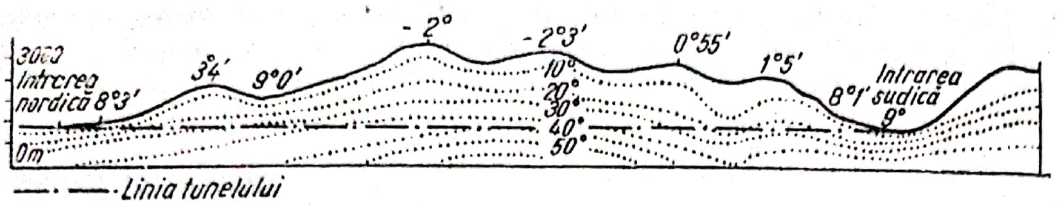


Fig. 135. Geoizoterme în masivul muntos al tunelului Simplon

Calculul temperaturii în adîncime. Cunoscînd treapta geotermică T_g, temperatura medie anuală a aerului T_0 în °C și adîncimea stratului cu temperatura constantă h, în m, temperatura T la adîncimea H este dată de relația :

$$T = T_0 + \frac{H - h}{T_g}.$$

În cazul cînd se cere să se determine adîncimea corespunzătoare la anumită temperatură, se utilizează expresia :

$$H = T_g (T - T_0) + h.$$

5. EMANAȚII GAZOASE ÎN TUNELURI

Prezența emanațiilor gazoase este alt inconvenient în săparea tunelurilor. Prin proprietățile lor, gazele pun în pericol viața muncitorilor. Cel mai des întîlnite în săparea tunelurilor sînt gazele :

a) *Bioxidul de carbon* (CO_2) se întîlnește în regiunile rocilor eruptive, cu intense fenomene postvulcanice de tipul mofetelor. De asemenea, bioxidul de corbon mai apare în regiunile cu zăcăminte cu cărbuni, datorită fenomenului de incarbonizare.

Bioxidul de carbon are greutate specifică mare și din această cauză el se acumulează în părțile inferioare ale săpăturilor. Dacă este în cantități mari, bioxidul de carbon provoacă moartea prin asfixie.

b) *Hidrogenul sulfurat* (H_2S) este de asemenea un gaz foarte periculos, se inflamează ușor și amestecat cu aer exploadează. Este foarte toxic : respirarea vreme îndelungată a aerului cu H_2S, chiar în cantități mici, provoacă intoxicări grave.

In natură, H_2S provine prin descompunerea substanțelor organice, transformarea gipsurilor, acțiunea apelor subterane asupra sulfurilor metalice și activitatea vulcanică.

c) *Metanul* (CH_4) este un gaz incolor, inodor și ușor inflamabil. Fiind ușor se acumulează în partea superioară a galeriilor. Amestecat cu aerul în anumite proporții provoacă asfixie și explozii. Astfel :

— sub 6% CH_4 în aer, nu este periculos ;
— între 6 și 14% CH_4 pericol de explozie și asfixie ;
— peste 14% CH_4 numai este explozibil, dar este foarte asfixiant.

Singur, CH_4 este un gaz inert. Amestecat cu propan, butan etc. devine toxic.

Metanul se întîlnește în formațiunile petrolifere, cărbunoase și salinifere. El se mai degajă și din fundul bălților, unde se formează prin descompunerea resturilor vegetale și animale în absența aerului.

d) *Azotul* (N) este un gaz inodor și mai ușor decît aerul. Din această cauză se acumulează în partea superioară a galeriilor. Este un gaz care nu întreține viața, de unde și denumirea de azot. Prezența lui în aer în cantitate mare produce moartea prin asfixie.

Pentru prevenirea accidentelor provocate de gazele vătămătoare se iau măsuri de securitate. Printre acestea se citează :

— aerisirea galeriilor prin aspirație, nu prin refulare ;

— folosirea lămpilor de siguranță ; după aspectul flacării se poate determina prezența gazelor, chiar în cantitate mică ;

— evitarea motoarelor producătoare de scîntei.

6. STABILITATEA TUNELURILOR

Determinarea stabilității tunelurilor este o problemă foarte importantă și greu de rezolvat, deoarece stabilitatea tunelurilor depinde de o serie de factori care reacționează separat sau în combinație.

Pentru înțelegerea studiului stabilității tunelurilor este necesar să fie lămurite mai întîi cîteva noțiuni de bază, întîlnite frecvent în tehnica construcției tunelurilor.

Presiunea litostatică. Prin presiune litostatică se înțelege presiunea pe care o exercită un complex de roci de grosime considerată, asupra stratelor inferioare lor.

Presiunea litostatică se datorește gravitației și acționează după direcția verticalei locului respectiv, cu sensul spre centrul pămîntului. Mărimea și distribuția presiunii litostatice în diferite tipuri de roci la adîncimea considerată este următoarea (fig. 136) :

Presiunea verticală P_z, care se exercită pe o suprafață orizontală la adîncimea H, depinde de grosimea și greutatea volumetrică a rocilor, adică :

$$P_z = H\gamma_a \ [tf/cm^2].$$

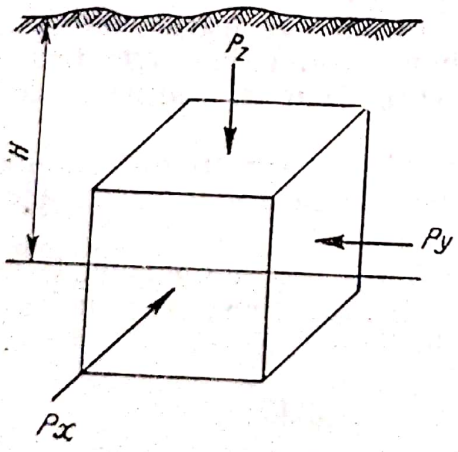


Fig. 136. Presiunea în masivul muntos după cele trei axe rectangulare.

Valoarea presiunii P_z este în general aceeași, atît pentru rocile dezagregate cît și pentru cele consolidate.

In ceea ce privește repartizarea presiunilor după cele trei axe rectangulare și mărimea acestora pe cele trei direcții, acestea depind de natura mediului respectiv.

— In mediul elastic omogen și izotrop, care se găsește numai sub acțiunea greutății proprii, valorile presiunilor normale sînt :

$$P_x = P_y = P_z\mu,$$

unde :

$$\mu = \frac{1}{m-1},$$

iar m este coeficientul lui Poisson.

Coeficientul lui Poisson fiind raportul dintre comprimarea specifică verticală ε și dilatarea specifică transversală ε_0, adică :

$$m = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0},$$

$$P_x = P_y = \frac{\gamma_a H}{m-1}; \quad P_x = P_y = \frac{\gamma_a H}{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} - 1}.$$

— Intr-un mediu plastic, omogen și izotrop (marne, argile) și în mediul dezagregat, valorile presiunilor orizontale sînt date de expresia :

$$P_x = P_y = \frac{P_z}{(\mu + \sqrt{(1+\mu^2)^2}},$$

în care coeficientul de dilatație laterală a lui Poisson este egal cu coeficientul de frecare interioară $\operatorname{tg}\varphi$

$$\mu = \operatorname{tg}\varphi.$$

— In rocile friabile

$$P_x = P_y = P_z \operatorname{tg}^2 \left(45° \pm \frac{\varphi}{2}\right),$$

unde $(45° \pm \frac{\varphi}{2})$ este coeficientul lui Rankine-Coulomb.

In practica construcțiilor de tuneluri, presiunea care se exercită asupra construcțiilor poartă numele de presiunea muntelui. Ea este o formă a presiunii litostatice generale cauzată de gravitație.

a. Presiunea rocilor asupra tunelurilor

In masivul muntos neatacat prin lucrări de construcții rocile sînt în echilibru de presiune. Tensiunile formate de forțele gravitaționale sînt compensate de forțele interioare de rezistență — forțele de coeziune. Indată ce în interiorul masivului muntos se creează un gol, se pot produce două fenomene : dacă forțele exterioare — greutatea materialului de deasupra golului — sînt mai mici decît forțele de coeziune, golul nu se deformează. Cînd forțele exterioare depășesc pe cele de coeziune, se produce o slăbire a rezistenței rocilor, manifestată prin fisuri, planuri de lunecare, însoțite de deformarea golului subteran prin deplasarea materialului spre interiorul excavației.

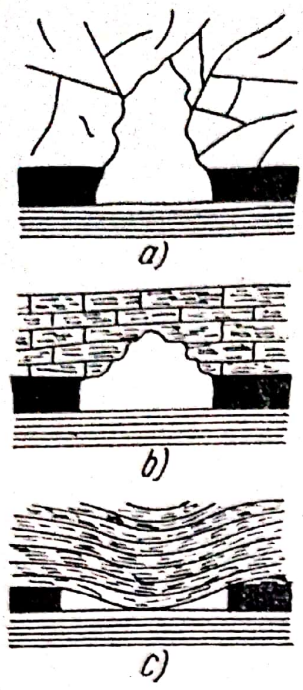


Fig. 137. Tuneluri deformate :
a — roci masive ; *b* — roci dure stratificate ; *c* — roci argiloase.

De obicei, forma galeriilor nu se deformează atunci cînd acestea sînt săpate în roci masive, cum sînt rocile eruptive, unele roci metamorfice (gneise, amfibolite etc.) și sedimentare (calcar, dolomite), nealterate și nefisurate. Greutatea materialului de deasupra excavației se transmite prin pereții laterali în interiorul masivului, deoarece rocile sînt elastice. Cel mult pot avea loc căderi de blocuri însoțite de tunete — pușcături datorită eliberării rocilor de tensiunile remanente din timpul deranjamentelor tectonice, și mai puțin presiunii muntelui. Din aceste motive, tunelurile săpate în roci elastice nu se căptușesc decît în apropiere de portaluri ; în zonele cu pușcături, pînă se epuizează tensiunile remanente se iau doar unele măsuri de apărare împotriva căderii blocurilor de roci.

Tunelurile săpate în roci masive fisurate și în alte tipuri de roci, altele decît acestea, sub acțiunea presiunii muntelui se deformează, pînă ce forțele de tensiune își găsesc o nouă stare de echilibru. Forma profilului tunelurilor deformate depinde de proprietățile fizico-mecanice ale rocilor în care tunelurile sînt săpate. Așa, de exemplu, în rocile omogene fisurate, de tipul calcarelor, tunelurile vor lua forma unei bolți mai mult sau mai puțin deformate (fig. 137, *a*) ; în rocile stratificate, fisurate, profilul tunelurilor se prăbușește sub formă de trepte (fig. 137, *b*) ; în rocile plastice, cum sînt marnele, argilele, are loc umplerea golului subteran, prin lăsarea materialului din acoperiș și umflarea celui din culcuș (fig. 137, *c*). In acest din urmă caz nu este vorba de o prăbușire propriu-zisă.

Deformarea profilului galeriilor nu se resimte în tot masivul muntos. Ea se limitează la o anumită zonă în jurul excavației, și numai în anumite cazuri ajunge pînă la suprafață.

Caracterul și intensitatea deformării excavațiilor depinde de mai mulți factori :

— proprietățile fizice și mecanice ale rocilor ;
— dimensiunile excavațiilor și poziția lor față de aceea a rocilor ;
— adîncimea excavațiilor în raport cu suprafața pămîntului ;
— condițiile hidrogeologice ;
— metodele folosite în excavare și rapiditatea străpungerii ;
— sistemul de susținere.

b. Repartiția tensiunilor în jurul excavațiilor

Repartiția tensiunilor în jurul excavațiilor depinde de forma secțiunii golurilor, mărimea și adîncimea la care se găsesc.

Dorsteiwtz și Dinnik, doi cercetători care s-au ocupat cu problema repartiției tensiunilor în jurul excavațiilor, au ajuns la concluzia că în

jurul lucrărilor subterane, executate în roci elastice omogene și izotrope, se formează o zonă de destindere de formă eliptică, ale cărei dimensiuni depind de lățimea excavațiilor și valoarea coeficientului lui Poisson. Elipsa aceasta este lipsită de tensiuni la extremitățile axei verticale, care corespund cu tavanul și talpa galeriilor, însă are eforturi de întindere. La extremitățile axei orizontale care corespund cu pereții galeriilor au loc eforturi de compresiune. Cu alte cuvinte, în jurul lucrărilor subterane se formează zone de întindere în talpa și tavanul excavațiilor și zone de compresiune pe pereții acestora.

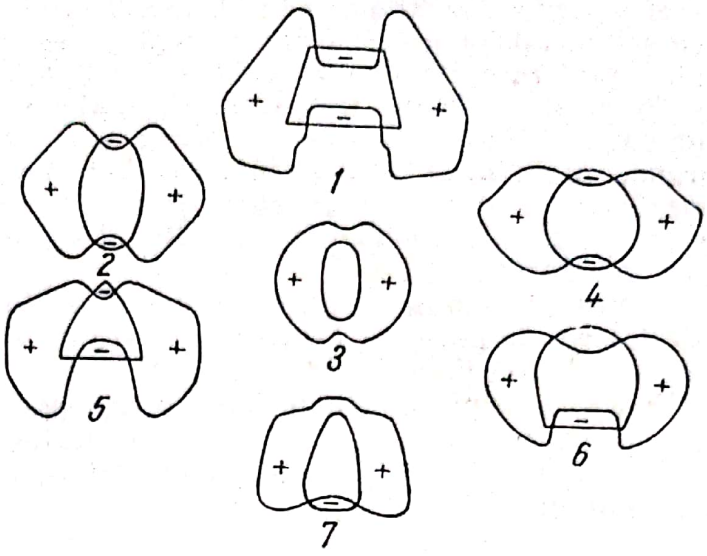


Fig. 138. Repartizarea eforturilor în jurul excavațiilor cu secțiuni diferite:
(+) — zone supuse la eforturi de compresiune; (—) — zone supuse la eforturi de întindere;
1 — secțiune trapezoidală; *2* — secțiune în formă de elipsă; *3* — secțiune în formă de elipsă; *4* — secțiune circulară; *5* — secțiune ogivală; *6* — secțiune în formă de pară; *7* — secțiune în formă de potcoavă (din N. N. Mihăilescu).

În figura 138 sînt reprezentate zonele de întindere și de compresiune pentru diferite profile ale lucrărilor subterane. Secțiunile trapezoidale și dreptunghiulare sînt cele mai defavorabile, deoarece solicitările la întindere pe tavan și talpă și compresiunile pe pereți sînt foarte mari. În această situație se prezintă și secțiunile poligonale hexagonale, deoarece, dacă întinderile pe tavan sînt mici, presiunile pe pereții laterali se exercită pe toată suprafața lor. Același lucru se poate spune și despre secțiunea ogivală.

Secțiunile circulare sînt și ele mai puțin favorabile, deoarece în regiunea tavanului și a tălpii se trece brusc de la eforturi de întindere la eforturi de compresiune, care ating maximum la extremitățile diametrului orizontal. În această categorie intră și secțiunile în formă de potcoavă.

Secțiunile cele mai favorabile din punctul de vedere al presiunilor sînt secțiunile eliptice, cu o înălțime mult mai mare decît lățimea, deoarece acestea nu prezintă zone de întindere. Secțiunile în formă de pară se încadrează și ele tot în această categorie, fiindcă au o mică zonă de întindere numai pe talpa galeriei, care poate fi atenuată prin lucrări. Cu toate acestea, secțiunile eliptice și cele în formă de pară sînt utilizate în practică din cauza lățimii prea mici a galeriei și a materialului enorm care trebuie excavat în înălțime.

În practica construcțiilor de tuneluri se urmărește ca secțiunea acestora să fie supusă mai mult la eforturi de compresiune decît la întindere, deoarece materialele de construcție: piatră, beton, lemn etc. rezistă mai bine la compresiune decît la întindere.

Scanned with OKEN Scanner

Săpăturile efectuate în roci elastice fisurate se susțin atît în timpul executării lucrărilor de excavare cît și după aceasta, pentru atenuarea presiunilor prin reacțiile de rezistență ale susținerii.

În jurul lucrărilor subterane efectuate în roci plastice, în roci dezagregate, se formează zone de scurgere. Cantitatea de material care pătrunde în interiorul crăpăturilor depinde de forma, dimensiunile, adîncimea la care se găsesc săpăturile, precum și de unghiul de frecare interioară, greutatea volumetrică a rocilor și de presiunea care se exercită asupra golurilor.

Pentru prevenirea pătrunderii materialului în interiorul săpăturilor, acestea se căptușesc cu material, a căror rezistență se calculează în funcție de factorii menționați mai sus.

Deoarece armarea săpăturilor întîrzie puțin față de lucrările de excavare, și chiar dacă aceasta se execută imediat, pentru că nu este posibil o aderare perfectă a căptușelii la rocă, deformațiile mici ale săpăturilor sînt de neînlăturat.

c. Calculul presiunilor

Determinarea valorii presiunilor care apasă asupra susținerii săpăturilor este o operație foarte greu de realizat. Datorită numărului foarte variat de factori, care influențează echilibrul rocilor în jurul golurilor și greutății de a aprecia exact valoarea lor, pînă în prezent nu s-au găsit formele de calcul al presiunilor care să fie acceptate de majoritatea cercetătorilor. Se știe doar că presiunile se exercită pe următoarele direcții:

— verticală — de sus în jos și de jos în sus. Presiunea de sus în jos se datorește greutății rocilor de deasupra excavațiilor; presiunea de jos în sus se datorește ridicării rocilor sub acțiunea pereților excavațiilor sau fenomenelor de umflare a argilelor și transformării chimice a rocilor;

— longitudinală — datorită condițiilor speciale de stratificare a rocilor în partea superioară a excavațiilor. Presiunea pe direcție longitudinală se întîlnește foarte rar;

— laterală — se întîlnește în rocile stratificate și în rocile puternic fisurate.

Calculul presiunii rocilor asupra tunelurilor are în vedere întotdeauna presiunea verticală dirijată în jos, și numai în mică măsură se ține seama de presiunea laterală. În ceea ce privește împingerile de jos în sus, metodele de calcul sînt în faza experimentală, iar presiunea în lungul axei tunelurilor este încă nestudiată.

Calculul presiunii rocilor se face pe baza legilor mecanicii terenurilor și a teoriei elasticității, precum și pe baza observațiilor directe făcute în timpul executării săpăturilor. Formulele de calcul sînt numeroase și diferă de la un cercetător la altul, după rezultatele la care au ajuns în studiul presiunilor litostatice.

A. Heim, considerînd că presiunea litostatică este direct proporțională cu grosimea pachetului de roci de deasupra excavațiilor, determină presiunea tunelurilor cu formula:

$$P=\gamma_a (2b)^2 H,$$

în care :

γ_a este greutatea volumetrică a rocii, în tf/m³ ;
b — jumătate din lățimea galeriilor ;
H — adîncimea la care se află tunelurile.

A. Heim admite că presiunea rocilor asupra tunelurilor este egală cu greutatea totală a materialului de deasupra excavațiilor (fig. 139), mărginit de plane verticale situate în continuarea pereților pînă la suprafața terenului. Atît timp cît rocile sînt în echilibru, nu sînt atacate prin galerii, presiunea rocilor se distribuie uniform în toate direcțiile. La adîncime mare, din cauza presiunilor prea mari, rocile se comportă plastic și se exercită presiuni asupra căptușelii tunelurilor.

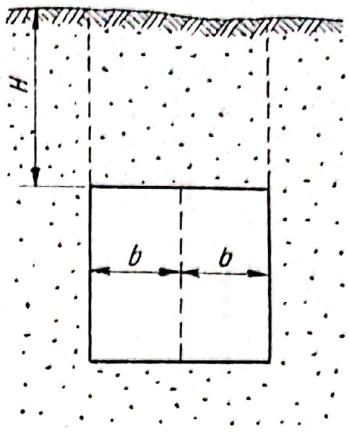


Fig. 139. Calculul presiunilor în ipoteza lui A. Heim.

Formula dată de A. Heim se aplică pentru calculul presiunilor la tuneluri săpate la adîncime mică, în roci dezagregate și în roci cu înclinare foarte mare. De asemenea se mai poate aplica pentru calculul presiunilor la tuneluri săpate în roci instabile, saturate cu apă.

Aplicarea formulei lui A. Heim pentru calculul presiunilor la tuneluri săpate la adîncime mare, după cum s-a observat în tunelul St. Gothard, pentru care s-au calculat presiuni de 3 000 kgf/cm², iar căptușeala a preluat numai 300 kgf/cm², dă rezultate exagerate.

1) *Presiunea de sus în jos. Teoria lui M. Protodiaconov.* În cazul rocilor lipsite mai mult sau mai puțin de coeziune, într-o stare intermediară între aceea a rocilor compacte și a celor dezagregate, deasupra lucrărilor subterane se formează o zonă de dislocare, a cărei secțiune, perpendiculară pe axa longitudinală a excavațiilor, are forma unei parabole. Masa de roci cuprinsă în interiorul zonei de dislocare apasă cu toată greutatea ei asupra căptușelii galeriilor. Rocile situate în afara acestei zone nu mai apasă asupra susținerilor, ci greutatea ei se descarcă asupra pereților galeriilor. Bolta galeriilor este în echilibru stabil, dacă în ea iau naștere numai eforturi tangențiale, iar forțele de frecare lipsesc cu desăvîrșire.

Bolta excavațiilor este supusă acțiunii sarcinii verticale $q=\gamma_a H$ și reacțiunii tangențiale T (fig. 140). Dacă luăm momentul acestor forțe în raport cu punctul M, din porțiunea de boltă MO, considerată în echilibru, se obține relația :

$$T_y=\frac{q\,x^2}{2}.$$

Această relație este ecuația parabolei care limitează excavația la partea superioară.

La punctul de naștere a bolții lucrează reacțiunea tangențială R, alcătuită dintr-o componentă verticală :

$$V=qa,$$

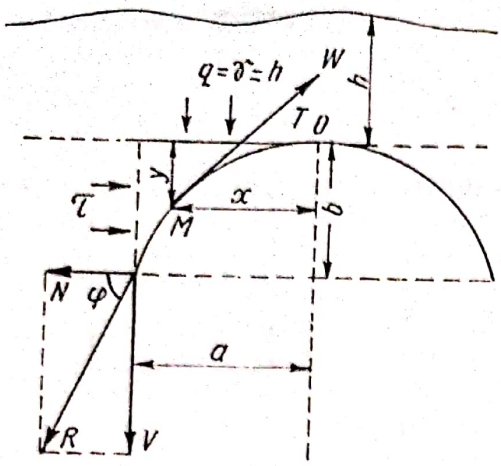


Fig. 140. Echilibrul bolții de dislocare în ipoteza lui M. M. Protodiaconov.

care apasă pe pereții galeriilor, și alta orizontală :

$$N=f'qa \quad (f'=\text{coeficient de frecare aparentă}),$$

care încearcă să producă deplasarea particulelor.

Dacă rocile sînt supuse și la forțe de forfecare, valoarea lui N scade cu valoarea forțelor de forfecare τ pe înălțimea b

$$N=f'qa-\tau b.$$

Înălțimea bolții de prăbușire

$$b=\frac{a}{f'}.$$

Suprafața bolții de prăbușire pe baza căreia se poate calcula volumul rocilor care apasă asupra susținerilor este

$$S=4/3a\ b.$$

Presiunea litostatică asupra unității de lungime a excavațiilor se determină cu formula :

$$P=\frac{2}{3}\gamma_a\,2\,a\,b\,l=\frac{4}{3}\gamma_a\,a\,b=\frac{4}{3}\gamma_a\,a\,\frac{a}{f'}=\frac{4}{3}\gamma_a\,\frac{a^2}{f'}.$$

Exemplu. Să se calculeze presiunea pe 1 m excavație într-un tunel săpat în roci coezive, cunoscînd : $2a=5$ m ; $\gamma_a=2$ tf/m^3 ; $f'=3$

$$b=\frac{a}{f'}=\frac{2{,}5}{3}=0{,}8\ \text{m}$$

$$P=\frac{4}{3}\gamma_a\frac{a^2}{f'}=\frac{4}{3}\frac{2\cdot2\cdot5^2}{3}=5{,}4\ \text{tf/ml}.$$

Dacă excavațiile sînt efectuate în apropiere de suprafață și în terenuri cu coeziune mică, deasupra lor nu se mai formează parabolă, ci materialul se ruinează după suprafețe laterale și două corpuri prismatice triunghiulare (fig. 141) :

$$P=Q-2F\ \operatorname{tg}\ \varphi$$

$$Q=2a\gamma_a H$$

$$F=\gamma_a\frac{H^2}{2}\operatorname{tg}^2\frac{90^\circ-\varphi}{2}$$

$$P=2a\,\gamma_a H-2\,\gamma_a\frac{H^2}{2}\operatorname{tg}^2\frac{90^\circ-\varphi}{2}\operatorname{tg}\varphi=$$

$$=2a\,\gamma_a H\left(1-\frac{H}{2a}\operatorname{tg}^2\frac{90^\circ-\varphi}{2}\operatorname{tg}\varphi\right).$$

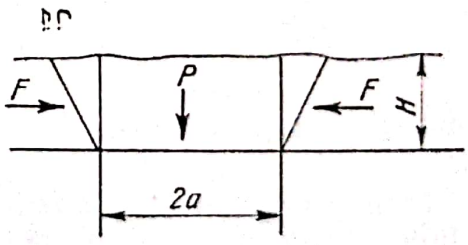


Fig. 141. Presiunea de sus în jos la rocile cu coeziune mică.

Adîncimea maximă pînă la care nu se formează parabola este dată de relaţia :

$$H_{max}=\frac{2a}{\operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)\operatorname{tg}\varphi}.$$

Exemplu. Să se calculeze presiunea rocilor pe 1 m excavaţie într-un tunel săpat în roci puţin coezive la adîncimea $H=12$ m, cunoscînd : $2a=2{,}5$ m ; $\gamma_a=1{,}6$ tf/m³ ; $f'=2$; $\varphi=40^\circ$

$$H_{max}=\frac{2a}{\operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)\operatorname{tg}\varphi}=\frac{2{,}5}{\operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ-40^\circ}{2}\right)\operatorname{tg}40^\circ}=$$

$$=14 \text{ m}$$

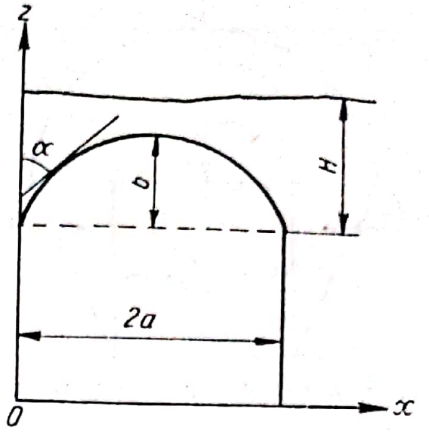


Fig. 142. Echilibrul bolţii de dislocare în ipoteza lui V. D. Slesarev.

$$P=2a\,\gamma_a H\left(1-\frac{H}{2a}\operatorname{tg}^2\frac{90^\circ-\varphi}{2}\operatorname{tg}\varphi\right)=$$

$$=2\cdot1{,}25\cdot1{,}6\cdot12\left(1-\frac{12}{2{,}5}\operatorname{tg}^2\frac{90^\circ-40^\circ}{2}\operatorname{tg}40^\circ\right)=6{,}7 \text{ tf/ml}.$$

Teoria lui V. D. Slesarev. In această teorie se consideră, de asemenea, că deasupra golurilor subterane se formează o zonă de dislocare lipsită de tensiuni. Echilibrul bolţii de dislocare este stabil atunci cînd în aceasta iau naştere eforturi tangenţiale (fig. 142). Presiunea :

$$P=2/3\,\gamma_a\,2ab=4/3\,\gamma_a\,ab$$

$$b=\frac{a^2}{H\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)}.$$

Condiţia de echilibru a bolţii de presiune se exprimă prin relaţia :

$$\alpha\ll\varphi;\ \operatorname{tg}\alpha=\frac{2a}{H\operatorname{tg}^2\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)},$$

în care α este unghiul format de tangenta parabolică într-un punct al parabolei şi axa OZ.

Exemplu. Să se determine presiunea asupra bolţii unui tunel orizontal şi înălţimea bolţii parabolice, cunoscînd :

$$2a=4 \text{ m};\ f'=3 \text{ m};\ \gamma_a=2 \text{ tf/m}^3;\ H=30 \text{ m};\ \varphi=50^\circ$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{2a}{H\operatorname{tg}^2\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)}=\frac{4}{30\operatorname{tg}^2(45^\circ-25)}=\frac{4}{30\operatorname{tg}^2 20}=\frac{4}{30.0{,}132}=\operatorname{tg}\alpha=1;\ \alpha=45^\circ$$

$$P=\frac{4}{3}\,\gamma_a\,ab=\frac{4}{3}\,2\cdot2\cdot1=\frac{16}{3}=5{,}33 \text{ tf/ml sau } P=\frac{5{,}33}{4}=1.33\text{f/m}^2$$

$$b=\frac{a^2}{H\operatorname{tg}^2\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)}=\frac{4}{3{,}96}=1 \text{ m}.$$

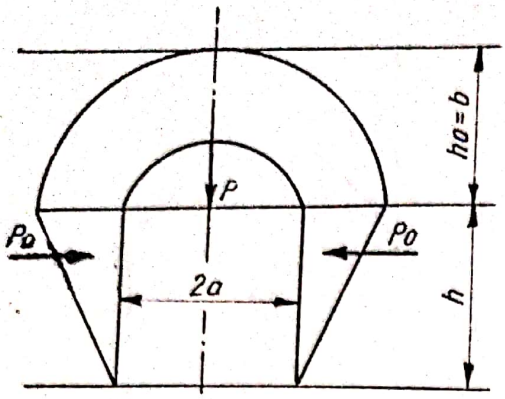


Fig. 143. Calculul presiunilor laterale.

Deci, numai rocile de pe o adîncime de un metru exercită presiuni pe tavanul galeriilor.

2) *Presiunea laterală.* Datorită presiunilor de sus în jos prea mari, pe pereții galeriilor apar și presiuni orizontale. Presiunile laterale sînt date de materialul afînat din cea de-a doua boltă parabolică, care se reazemă pe muchiile superioare ale prismelor de alunecare (fig. 143). Presiunea laterală:

$$P_0=\frac{\gamma_a}{2}(2h_0+h)\,h\,\mathrm{tg}^2\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right),$$

$$h_0=\frac{a}{f'}.$$

Exemplu. Să se calculeze presiunea orizontală, cunoscînd: $2a=4$ m; $h=2$ m; $\gamma_a=2$ tf/m³; $f'=3$; $\varphi=50^\circ$.

$$h_0=\frac{a}{f'}=\frac{2}{3}=0{,}66\text{ m}$$

$$P_0=\frac{2}{2}(2\cdot 0{,}66+2)\,2\ \mathrm{tg}^2\ (45^\circ-25)=3{,}32\cdot 2\cdot 0{,}132=0{,}876\text{ tf/ml},$$

sau

$$P_0=\frac{0{,}876}{2}=0{,}438\text{ tf/m}^2.$$

3) *Presiunea de jos în sus.* Presiunea pe direcția verticalei se poate produce și de jos în sus. Aceasta se datorește umflării rocilor argiloase prin absorbția de apă, modificării compoziției chimice a unor roci în contact cu apa sau cu aerul, sau refulării rocilor moi sub presiunea pereților.

Valoarea presiunii de jos în sus se stabilește pe baza teoriei împingerii pămînturilor, cu formula propusă de P. M. Timbarevici:

$$P=D_0\,\mathrm{tg}\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right).$$

Sub talpa galeriilor (fig. 144) se află două forțe simetrice și egale:

$$T_0=D_0\frac{\sin\frac{90^\circ-\varphi}{2}}{\cos\varphi}$$

care acționează pe direcțiile CE și C_1E_1. Aceste forțe sînt componente ale forțelor D_0, care reprezintă diferența dintre împingerea laterală activă

$$R_0=\frac{1}{2}\gamma_a\,(x_0^2+2x_0H)\,\mathrm{tg}^2\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right);\qquad x_0=\frac{H\mathrm{tg}^4\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)}{1-\mathrm{tg}^4\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)}.$$

a rocilor înconjurătoare, exercitată pe masele ACD și $A'C'D'$ pe planele verticale AC și $A'C'$ și rezistența pasivă

$$Q_0=\frac{1}{2}\gamma_a x_0^2 \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right),$$

opusă de masele de pământ ACE și $A_1C_1E_1$, adică:

$$D_0=R_0-Q_0.$$

Exemplu: Să se determine presiunea de jos în sus pe 1 m excavație de tunel, avînd următoarele elemente de calcul: $2a=6{,}50$ m; $h_0=7$ m; $\gamma_a=2$ tf/m³; $f'=1:\varphi=30'$.

Se procedează astfel:

$$h=\frac{a}{f}=\frac{3{,}25}{1}=3{,}25,$$

$$H=7+3.25=10{,}25,$$

$$x_0=\frac{H\operatorname{tg}^4\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)}{1-\operatorname{tg}^4\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)}=\frac{10{,}25\operatorname{tg}^4 30^\circ}{1-\operatorname{tg}^4 30^\circ}=$$

$$=\frac{1{,}138}{0{,}889}=1{,}28$$

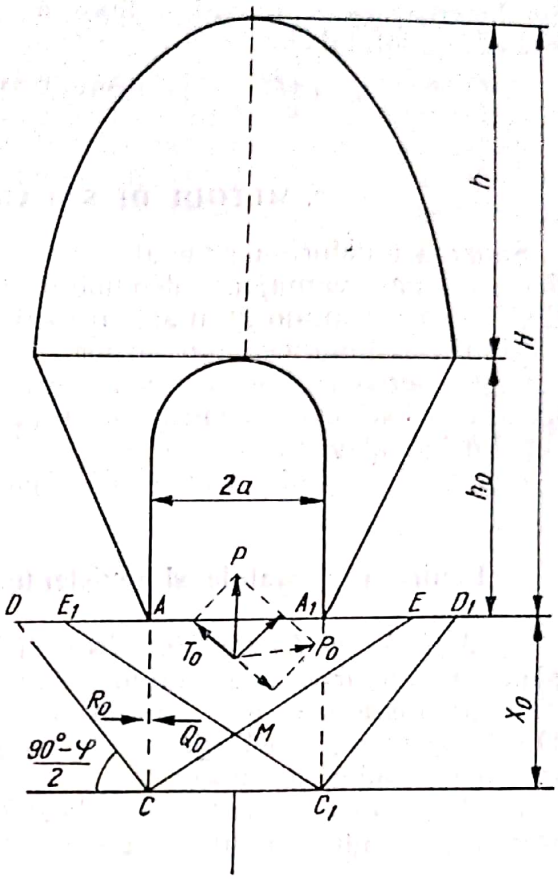


Fig. 144. Presiunea de jos în sus în ipoteza lui P. M. Timbarevici.

$$R_0=\frac{1}{2}\gamma_a\left(x_0^2+2x_0H\right)\operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)=\frac{1}{2}2\left(1{,}28^2+2\cdot 1{,}28\cdot\right.$$

$$\left.10{,}25\right)\operatorname{tg}^2 30^\circ=9{,}283\text{ tf}$$

$$Q_0=\frac{1}{2}\gamma_a x_0^2\operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)=\frac{1}{2}2\cdot 1{,}28^2,\operatorname{tg}^2 60^2=4{,}919\text{ tf}$$

$$D_0=R_0-Q_0=9{,}283-4{,}919=4{,}464\text{ tf}$$

$$P=D_0\operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)=4{,}364\operatorname{tg}30^\circ=4{,}364\cdot 0{,}577=2{,}521\text{ tf}.$$

În cazul cînd punctul M de intersecție a direcțiilor CE și C_1E_1 este mai jos decît talpa excavației, adică:

$$x_0\operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right)\geqslant a,$$

împingerea se face pe toată suprafața tălpii galeriei. În caz contrar, dacă:

$$x_0\operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)<a,$$

împingerea are loc numai pe lîngă pereții galeriei, așa cum se manifestă în cazul exemplului dat:

$$x_0 \operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ - \varphi}{2}\right) = 1{,}28 \cdot 1{,}732 = 2{,}217 \text{ m} < a = 3{,}25 \text{ m}.$$

7. METODE DE SĂPARE A TUNELURILOR

Săparea tunelurilor se poate face prin mai multe metode. Alegerea metodei celei mai avantajoase depinde de natura petrografică a rocilor care vor fi străbătute, conținutul în apă al rocilor și presiunea hidrostatică a acesteia, secțiunea și lungimea tunelurilor.

Cunoașterea rocilor care vor fi traversate are o importanță deosebită și în ceea ce privește condițiile de săpare. De caracterele lor depinde forma tunelurilor, alegerea explozivilor și fixarea dimensiunilor căptușelii.

Cele mai obișnuite metode de săpare a tunelurilor sînt:

a. Pentru roci stabile și rezistente

1) *Metoda cu treaptă interioară* (fig. 145, *a*). Se întrebuințează pentru săparea tunelurilor, cu secțiune și lungime redusă. Înaintarea se face deodată pe toată secțiunea sau în trepte, una superioară și alta inferioară. După excavare, tunelurile se căptușește sau pot rămîne necăptușite, dacă nu au loc căderi de blocuri.

2) *Metoda cu excavație centrală sub cheia bolții* (fig. 145, *b*). Prin această metodă se sapă mai întîi o galerie centrală sub cheia bolții *1*, după care

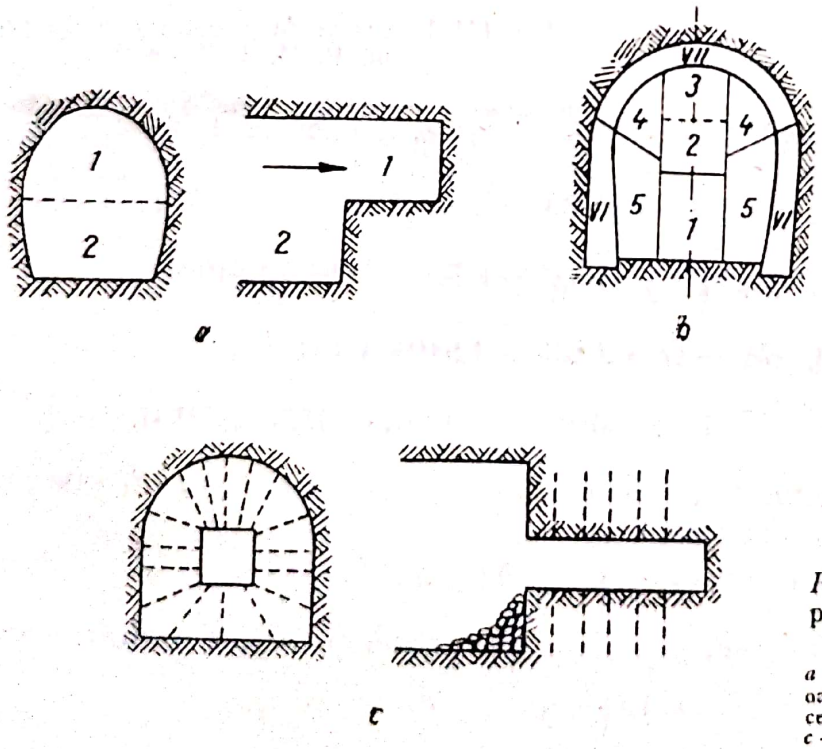


Fig. 145. Metode de săpare a tunelurilor în roci stabile și rezistente:
a — metoda cu treaptă inferioară; *b* — metoda cu galerie centrală sub cheia bolții; *c* — metoda cu galerie centrală.

se excavează porțiunile *2* și *3*, într-una sau două etape. Urmează sectorul *4*, prin care se definitivează bolta tunelului și sectorul *5*. În fine, se execută căptușirea tunelului ; mai întîi se căptușesc pereții și după aceea bolta.

De menționat că prin această metodă se execută tunelurile hidrotehnice.

3) *Metoda cu galerie centrală* (fig. 145, *c*). Se sapă o galerie directoare în centrul secțiunii viitorului tunel, după care se procedează la lărgirea excavației prin găuri de mină dispuse radial. După săparea tunelului în întregime se căptușesc pereții și bolta.

b. Roci moi îmbibate cu apă

1) *Metoda austriacă* (fig. 146, *a*). Se execută mai întîi două galerii directoare : una inferioară *1* și alta superioară *2* în cheia bolții. Apoi se sapă porțiunile *3, 4, 5, 6*, după care se căptușesc pereții *VII* și bolta *VIII*.

2) *Metoda engleză* (fig. 146, *b*). Este similară cu metoda austriacă. Se deosebește de aceasta, prin aceea că se sapă pe porțiuni mici pînă la căptușirea definitivă. Ordinea lucrărilor este următoarea :

Se sapă mai întîi două galerii directoare : una inferioară și alta superioară. După aceasta se sapă bolta *3* și se căptușește definitiv *IV*. Urmează excavarea porțiunilor *5, 6, 7* și căptușirea definitivă *VIII*.

3) *Metoda cu scut* (fig. 146,*c*). Scutul este alcătuit dintr-un cilindru metalic, cu secțiunea egală cu a excavației, prevăzut

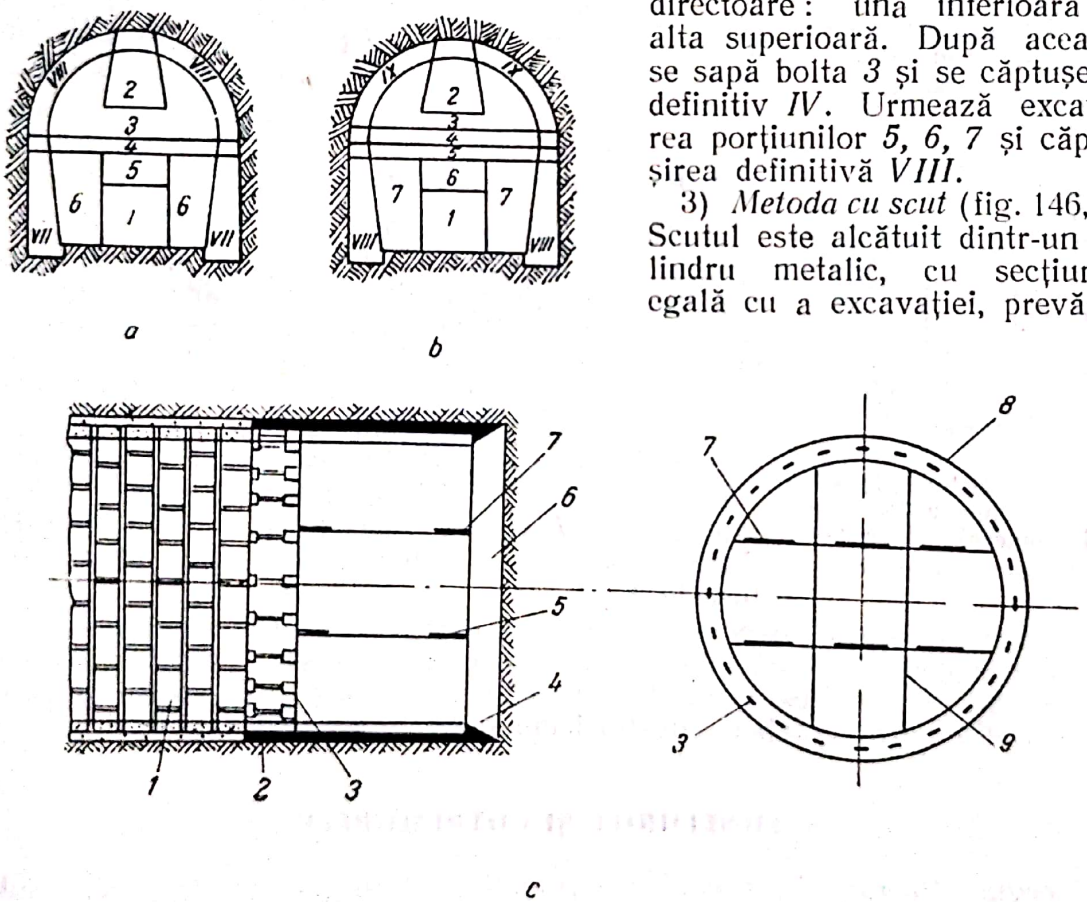


Fig. 146. Metode de săpare a tunelurilor în roci moi îmbibate cu apă :
a — metoda austriacă ; *b* — metoda engleză ; *c* — metoda cu scut.

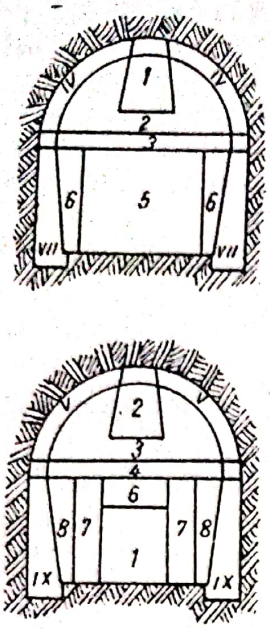


Fig. 147. Metode de săpare a tunelurilor în roci semitari sau moi:
a — metoda belgiană.

în față cu un cuțit masiv. Cilindrul este dirijat prin două diafragme transversale în trei părți: partea anterioară servește la săparea rocilor și este divizată printr-o serie de pereți verticali și orizontali în sectoare în care se lucrează independent. În partea posterioară se instalează prese, care servesc la împingerea scutului înainte, pe măsură ce frontul de lucru înaintează.

Metoda de scut are avantajul că înaintarea lucrărilor se face destul de repede (3 m/zi), elimină deplasarea terenului și ivirile de apă spre excavație.

c. Roci semitari sau moi, stabilite

Metoda belgiană. Săparea tunelurilor prin această metodă se face în două moduri:

— se sapă o galerie directoare în cheia bolții *1*, și apoi toată bolta *2*, *3* și se căptușește *IV*, apoi se sapă sectoarele *5*, *6* și se căptușește *VII*;

— se sapă două galerii directoare *1*, *2*, după aceasta se sapă bolta *3*, *4* și se căptușește *V*. Urmează excavarea porțiunilor *6*, *7*, *8* și se căptușesc pereții *IX*.

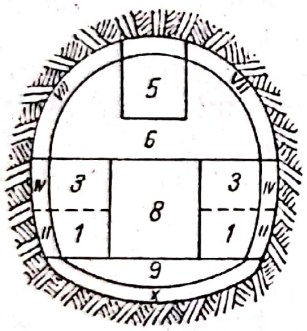


Fig. 148. Metode de săpare a tunelurilor în roci puternic fisurate:
a — metoda germană.

d. Roci puternic fisurate

1) *Metoda germană* (fig. 148). Prin această metodă se lasă în centrul excavației un miez de sprijin pentru susținerea provizorie, iar săparea și căptușirea încep de la marginea de jos a tunelului. Ordinea lucrărilor este următoarea:

Se sapă porțiunile *1* de o parte și de alta a miezului de sprijin și se căptușesc *II*. Apoi se sapă porțiunile superioare *3* și se căptușesc *IV*. Se sapă o galerie în cheia bolții *5*, apoi toată bolta *6* și se căptușește *VII*. In fine, se excavează miezul de sprijin 8, o porțiune 9 sub talpa tunelului și se căptușește *X*.

2) *Metoda italiană.* Această metodă se folosește cu multă siguranță, însă este foarte complicată și costisitoare. Săparea profilului tunelului se face pe porțiuni mici, reduse la limitele unui inel. Sprijinirile provizorii se construiesc din cadre metalice sau din lemn foarte rezistente.

8. TUNELURILE ȘI CUTREMURELE

Energia eliberată în timpul cutremurelor și propagată prin roci sub formă de unde longitudinale și transversale are acțiune deosebită asupra construcțiilor. Sub acțiunea undelor seismice se produce deplasarea și

crăparea zidurilor, căderea planșeelor și chiar distrugerea completă a construcțiilor.

Spre deosebire de construcțiile de la suprafață, care sînt solicitate foarte mult în timpul cutremurelor, tunelurile au mai puțin de suferit de pe urma acestor fenomene. Acest lucru se explică prin faptul că tunelurile fiind săpate în roci, ele oscilează o dată cu rocile înconjurătoare. Rocile fiind mai mult sau mai puțin coezive și avînd o greutate volumetrică mare nu se deplasează. Rocile de la suprafață, dezagregate, necoezive, suferă deplasări mari, ceea ce explică formarea crăpăturilor, uneori destul de adînci în terenurile puțin coezive și necoerente. În măsura în care se merge în adîncime, greutatea rocilor și coeziunea lor crește, iar influența cutremurelor asupra tunelurilor scade. Acest lucru este confirmat de observații îndelungate făcute asupra tunelului Tanna din Japonia, care, deși este săpat în epicentru unui cutremur, nu a suferit avarii importante.

Distrugerea tunelurilor se datorește eforturilor de încovoiere și forfecare, provocate de undele longitudinale, la care tunelurile rezistă foarte puțin.

Energia cutremurelor transmisă prin unde seismice poate intersecta tunelurile perpendicular pe axă sau de-a lungul axei.

Dispoziția transversală a undelor seismice pe axa tunelurilor are efecte dăunătoare asupra pereților acestora. În timpul cutremurelor, unul din pereți are tendința să se depărteze de la rocă, iar celălalt să se deplaseze spre rocă. Peretele care tinde să se depărteze de rocă va suferi, pe lîngă presiunea activă a rocilor, și influența forțelor seismice. Depărtarea peretelui depinde de creșterea presiunii, cel de-al doilea perete, care se deplasează spre rocă, va apăsa suprafața laterală a excavației. Deplasarea lui depinde de rezistența de compresiune a rocilor.

Dacă peretele care se deplasează spre rocă nu prezintă goluri în spatele căptușelii, rezistă la eforturi seismice. În caz contrar se distruge.

În cazul cînd forțele seismice acționează de-a lungul axei tunelurilor, ele nu influențează presiunea rocilor înconjurătoare asupra pereților decît în zona portalurilor și a primelor inele, care se distrug foarte ușor în timpul cutremurelor. Distrugerea portalurilor este accentuată și de existența parapetelor și cornișelor grele de piatră, precum și de rocile prăbușite sau alunecate în spatele portalurilor, care fac ca portalurile să lucreze ca ziduri de sprijin.

Scanned with OKEN Scanner

AMENAJĂRI HIDROTEHNICE

Abundența precipitațiilor atmosferice și structura geologică fac ca țara noastră să dispună de o bogată rețea fluvială. Apa rîurilor constituie un izvor nesecat de bogăție, deoarece poate fi utilizată în diferite ramuri ale economiei naționale: energetică, irigații, transport, alimentări cu apă potabilă și industrială.

Cu toate că această bogăție se cunoaște de multă vreme, folosirea multiplă a apelor în țara noastră a fost lăsată pe ultimul plan, deoarece utilizarea apelor în anumite scopuri: energetică, irigații etc., cerea investiții serioase de capital, care nu aduceau venituri imediate. Dar după instaurarea regimului de democrație populară, în țară, folosirea multiplă a apelor și în special folosirea energiei căderilor de apă pentru producerea energiei electrice a devenit o preocupare principală. S-au făcut numeroase amenajări hidroenergetice, cum sînt: hidrocentralele de pe Bistrița, Sadu I, Sadu II, Văliug etc., altele fiind în execuție: pe Argeș, Dunăre etc.

De asemenea, pentru ferirea agriculturii de secetă și obținerea unei productivități mari s-au construit și se construiesc intens numeroase canale de irigație etc.

Centrele industriale, care cu fiecare an ce trece sînt mai numeroase, și centrele agricole au nevoie de cantități uriașe de apă potabilă și industrială. Pentru obținerea apei în cantități necesare se execută la noi în țară numeroase construcții hidrotehnice.

In cadrul amenajărilor hidrotehnice sînt cuprinse deci următoarele tipuri de construcții:

— construcții hidroelectrice;
— construcții pentru irigații;
— construcții care deservesc transportul pe apă;
— construcții pentru alimentarea cu apă potabilă și industrială.

Pentru executarea tuturor lucrărilor care aparțin amenajărilor hidrotehnice sînt necesare studii tehnico-geologice temeinice.

Scanned with OKEN Scanner

A. AMENAJĂRI HIDROENERGETICE

1. GENERALITĂȚI

Înainte de a se trece la executarea amenajărilor hidroenergetice, este necesar ca rîul respectiv să fie studiat, pentru obținerea datelor referitoare la debitul apei și constituția geologică a terenului.

a. Determinarea debitului de apă al rîurilor

Debitul rîurilor este una dintre cele mai importante probleme care apar în legătură cu amenajările hidroelectrice, pentru că de valoarea acestuia depinde puterea cursului de apă și puterea instalată a uzinelor.

Debitul de apă al rîurilor Q se determină în funcție de secțiunea de scurgere S și viteza medie de scurgere a apei V_m cu relația :

$$Q = V_m S \ [m^3/s].$$

Viteza medie de scurgere a apei și secțiunea de scurgere utilă a rîurilor (partea care este acoperită de apă) se pot determina prin măsurători directe.

1) **Determinarea vitezei de scurgere** V_m. Viteza de scurgere a apei nu este uniformă pe toată secțiunea ; de obicei, spre maluri și fundul rîurilor viteza este mai mică, iar la mijlocul apei și la suprafața ei viteza este mai mare (fig. 149).

Determinarea vitezei de scurgere a apei se face cu ajutorul flotorilor sau al moriștei hidraulice. Stabilirea vitezei de scurgere a apei cu ajutorul flotorilor dă rezultate mai puțin precise, din care cauză flotorii sînt utilizați numai cînd viteza apei este mică și nu poate fi înregistrată de morișcă, sau cînd rezultatele măsurătorilor sînt utilizate în calcule preliminare.

Măsurarea vitezei de scurgere a apei prin flotori sau morișcă hidraulică se face în zona în care se va determina secțiunea utilă a rîurilor.

Determinarea vitezei de scurgere prin flotori. Pentru determinarea vitezei de scurgere a apei prin flotori se procedează astfel :

Se alege un sector de rîu în linie dreaptă, pe cît posibil cu lățime și adîncime constantă. Se are în vedere ca lungimea sectorului să fie de 3÷4 ori mai mare ca lățimea rîului. Se fixează apoi trei profile (fig. 150, *a*), dintre care cel de la mijloc se va situa chiar pe locul unde se va determina secțiunea de scurgere ; acesta este profilul principal. Profilele se marchează pe maluri prin țăruși sau jaloane și sînt distanțate unul de altul cu de două ori lățimea rîului. La o distanță de 5 pînă la 10 m în amonte de profilul auxiliar se fixează încă un profil, numit *poartă de demaraj*.

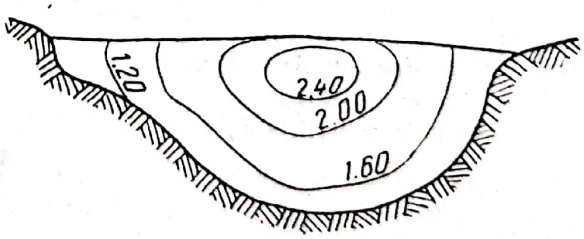


Fig. 149. Repartiția vitezelor de curgere a apei pe rîu secțiune transversală.

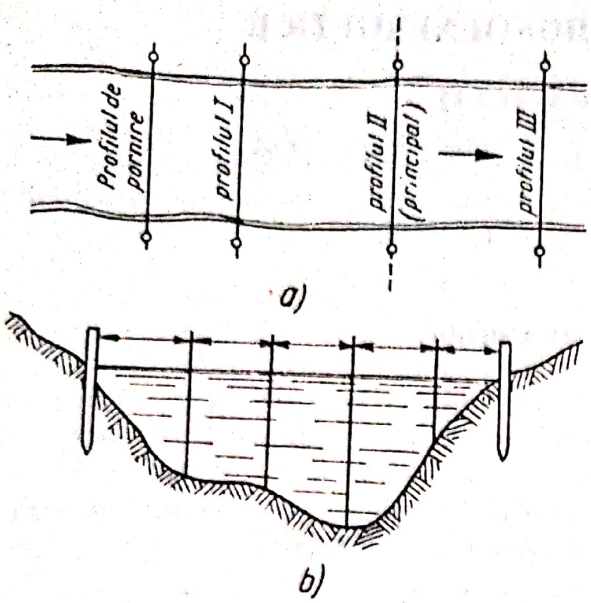


Fig. 150. Determinarea vitezei de curgere a apei pe rîuri cu ajutorul flotorilor *(a)* și a secțiunii rîurilor *(b)*.

Ca flotori se întrebuințează discuri de lemn, cu diametrul de 10÷15 cm, groase de 2÷5 cm, în număr de 5÷10 bucăți.

Flotorii se aruncă în apă în fața porții de demaraj, pentru ca ei să capete viteza apei în momentul cînd trec prin profilul din amonte. Se marchează cu cronometrul timpul T, necesar ca flotorii să parcurgă distanța S dintre profilele *1* și *3* și se determină viteza unui flotor cu formula :

$$V=\frac{S}{T}.$$

Viteza de suprafață se obține prin semisuma a două viteze mari, obținute pe o atmosferă liniștită, fără vînt.

Măsurarea vitezei apei prin flotori se face după regimul rîurilor :

— pentru rîurile cu viteză de scurgere mare și cu lățime pînă la 20 m se ia în considerare viteza maximă obținută la suprafața apei în mijlocul rîurilor ;

— pentru rîurile cu viteză de scurgere mică și lățime mare se ia în considerare media vitezelor obținute în mai multe locuri pe lățimea rîurilor.

Viteza de scurgere în secțiunea aleasă se determină înmulțind viteza de suprafață V_s cu un coeficient K, care se alege în funcție de raza hidraulică și rugozitatea albiei, adică :

$$V=V_sK.$$

Determinarea vitezei de curgere a apei cu ajutorul moriștei hidraulice este mult mai precisă, însă pentru utilizarea moriștei este necesar ca apa să nu fie mai mică de 0,20 m, iar viteza de scurgere să fie cuprinsă între 0,10 și 3 m/s. Măsurătorile cu morișca se execută la suprafața apei și în adîncimea ei.

Determinarea vitezei de scurgere a apei la viituri mari se face cu formula :

$$V=KRI,$$

în care :

K este coeficientul de curgere ;

R — raza hidraulică ;

I — panta superficială ,

$$I=\frac{h}{l},$$

unde :

h este diferența cotelor apelor între două puncte ;

l — distanța între punctele considerate.

2) **Determinarea secțiunii de scurgere S.** Pentru determinarea secțiunii de scurgere se procedează astfel:

La mijlocul sectorului ales pentru determinarea vitezei de scurgere, transversal peste rîu se întinde o frînghie sau un cablu. Pe acesta sînt marcate cu vopsea noduri de sîrmă sau sfoară, puncte distanțate cu 2÷5 m, în funcție de lărgimea rîurilor în care se efectuează măsurătorile de adîncime.

Pentru măsurarea adîncimilor este bine să se folosească sonde de lemn, rotunjite, lungi de 5÷6 m, cu diametrul de 4÷6 cm, vopsite în alb. Sondele sînt gradate în decimetri, marcați prin culoare roșie, iar cifrele sînt însemnate cu vopsea neagră.

Cu datele obținute prin măsurători de adîncime se întocmește profilul fundului (fig. 150, *b*) și se determină secțiunea transversală a rîului.

După cum se constată, forma secțiunii de scurgere a apei pe rîuri este neregulată. Din această cauză, pentru calculul suprafeței de scurgere, aceasta se împarte în suprafețe elementare de formă geometrică, cărora li se determină suprafața, iar valoarea suprafeței totale rezultă din însumarea suprafețelor elementare.

Raportul dintre suprafața de scurgere S și perimetrul udat D (linia secțiunii udate de apă) poartă numele de rază hidraulică R, adică:

$$R=\frac{S}{D}.$$

În cazul rîurilor cu adîncime mică și lățime mare, raza hidraulică poate fi luată egală cu adîncimea medie a rîurilor:

$$R=h_m.$$

Debitul mediu anual este raportul dintre debitul mediu al rîului pe mai mulți ani, exprimat în m³/s sau în l/s și suprafața bazinului de recepție, S_{br}, în km²:

$$Q_{ma}=\frac{Q}{S_{br}}.$$

Debitul mediu anual Q_{ma} caracterizează valoarea medie a scurgerii într-un bazin și depinde de factorii climatici; precipitații și evaporare de pe suprafața bazinului respectiv.

Debitul mediu specific anual Q_{ms} este cantitatea de apă care se scurge pe rîu de pe 1 km² din suprafața bazinului de recepție. El se obține din raportul dintre debitul mediu anual Q_{ma} și suprafața bazinului de recepție S_{br}, și se exprimă în l/s:

$$Q_{ms}=\frac{1\,000\,Q_{ma}}{S_{br}}\ [\text{l/s km}^2].$$

Volumul de apă V scurs într-un anumit timp T este dat de relația:

$$Q=Q_m\,T.$$

Coeficientul mediu de scurgere K este raportul dintre debitul scurs într-o anumită perioadă de timp Q_x și debitul mediu anual Q_{ma}:

$$K=\frac{Q_x}{Q_{ma}}.$$

Scanned with OKEN Scanner

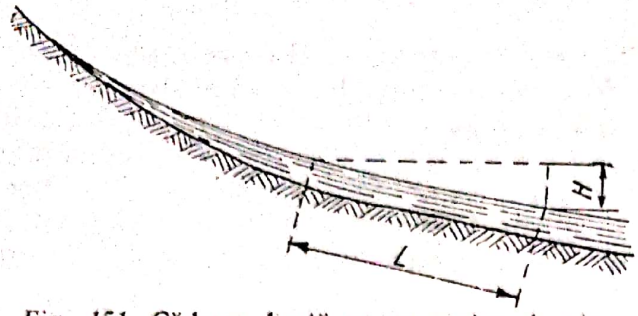


Fig. 151. Căderea brută pe un sector de rîu.

b. Puterea unui curs de apă

Prin cădere, apa unui rîu poate produce un lucru mecanic, care se poate determina dacă se cunoaște volumul de apă V și înălțimea de cădere H pe distanța L (fig. 151).

Lucrul mecanic brut W efectuat de un rîu este egal cu produsul dintre greutatea apei și înălțimea ei de cădere:

$$W = 1\,000\ VH\ \text{[kgfm]}.$$

Puterea teoretică P_t a rîului este lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp s și se măsoară în kgfm/s:

$$P_t = 1\,000\ QH\ \text{[kgfm/s]}.$$

Puterea $P = 75$ kgfm/s se numește cal putere și se notează cu CP; 1 CP = 0,736 kW, sau 1 kW = 1,36 CP.

Puterea teoretică P_t a unui rîu se poate exprima în CP prin relația:

$$P_t = \frac{1\,000\ QH}{75} = 13{,}330\ QH\ \text{[CP]},$$

sau în kW:

$$P_t = \frac{1\,000\ QH}{75}\ 0{,}736 = 9{,}81\ QH\ \text{[kW]}.$$

Valoarea P_t a unui rîu determinată cu ajutorul formulelor de mai sus se numește putere brută sau putere cadastrală.

Puterea kilometrică specifică P_k este raportul dintre puterea teoretică P_t și lungimea L a sectorului cercetat:

$$P_k = \frac{P_t}{L}.$$

Puterea totală a unui rîu P_T se află însumînd puterea kilometrică specifică a rîului pe toată lungimea lui:

$$P_T = \Sigma P_k = \Sigma 9{,}81\ QH\ \text{[kW]}.$$

Puterea specifică P_s a bazinului unui rîu se obține din raportul dintre puterea totală a rîului P_T și suprafața bazinului rîului S:

$$P_s = \frac{\Sigma\ P_k}{S}.$$

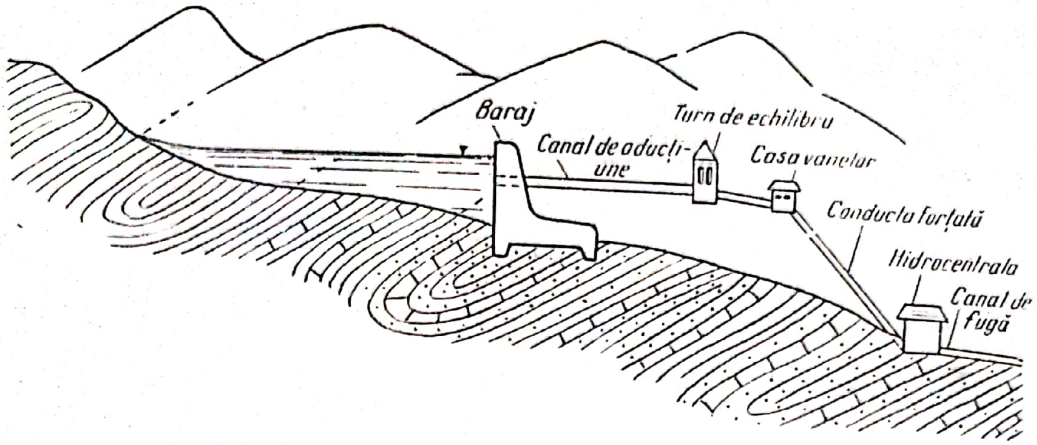


Fig. 152. Schema căderilor de apă cu ajutorul unui baraj.

c. Tipuri de amenajări hidroelectrice. Schema amenajărilor

Pentru a putea utiliza energia unui rîu, este necesar ca acesta să prezinte căderi de apă naturale; în cazul cînd lipsesc, se realizează artificial prin amenajări hidroelectrice. Căderile de apă se realizează în punctele alese, în funcție de panta cursului de apă, configurația terenului și condițiile geologice ale regiunii.

Căderile de apă artificiale se obțin prin două metode, și anume: prin construirea de baraje sau prin derivație.

1) *Căderile de apă prin construirea de baraje* se realizează pe rîurile care au diferențe de nivel mici. În felul acesta, barajele executate opresc circulația apei pe rîu și ridică nivelul acesteia (fig. 152).

Suprafața apei din spatele barajelor nu este orizontală peste tot, ci la contactul cu apa ce curge pe rîu ea formează curba de remuu. Lungimea acestei curbe L_1 (fig. 153) se stabilește cu formula:

$$L_1 = \frac{h}{I},$$

în care:

h este adîncimea apei lîngă baraj;

I — panta medie a suprafeței apei cu curgere liberă pe rîu.

Dacă rîurile au panta prea mică, suprafața apei din spatele barajelor este orizontală.

Lungimea lacului de retenție se stabilește cu formula:

$$L_1 = \frac{H}{I}.$$

Sectorul cursului de apă situat în amonte de baraj se numește bieful amonte sau bieful superior, iar cel din aval de baraj, bieful aval sau bieful inferior.

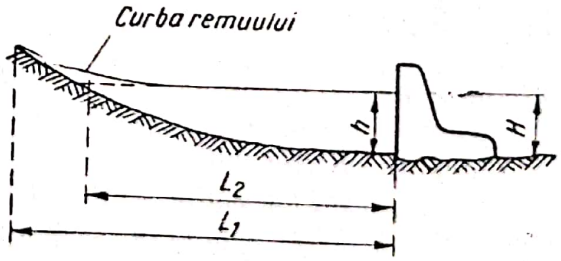


Fig. 153. Curba de remuu.

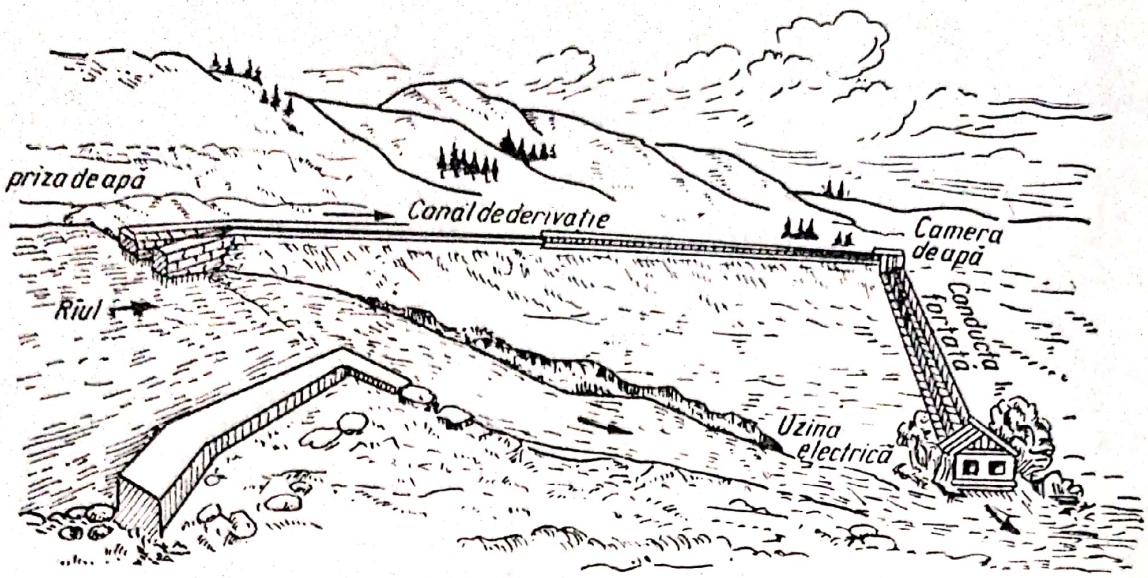


Fig. 154. Schema unei amenajări cu derivație:
(după K. K. Kuznețov și A. P. Zlatkovski).

Diferența H dintre nivelul apei din bieful superior și bieful aval se numește cădere brută.

Căderea la turbină H_t se numește cădere netă. Din cauza pierderilor de înălțime prin frecare, în canalul de aducție și turbine căderea netă este mai mică față de cea brută.

Amenajările la care căderile de apă sînt obținute cu ajutorul barajelor, numite amenajări hidroelectrice cu centrală-baraj, sînt de trei feluri după distanța hidrocentralei față de baraj:

— amenajări la care hidrocentrala și barajul fac corp comun, sînt într-o singură construcție; clădirea hidrocentralei este supusă la presiuni mari și din această cauză trebuie să fie foarte rezistentă;

— amenajări la care hidrocentrala este amplasată în aval de baraj, iar apa este adusă printr-o conductă scurtă; clădirea hidrocentralei este simplă;

— amenajări la care hidrocentrala și barajul sînt separate; acest mod de amenajări se adoptă cînd rîul este îngust și malurile sînt înalte, pentru a nu se face săpături costisitoare.

2) *Amenajări în derivație.* Prin derivație se înțelege o construcție cu ajutorul căreia se deviază apa din rîu. Amenajarea hidroelectrică în care căderea apei se face cu ajutorul derivației se numește amenajare cu derivație. O astfel de amenajare se realizează pe rîurile de munte cu pante (căderi) mari, construind uneori și un baraj de mică înălțime, pentru o perfectă derivare a apei.

Schema pentru determinarea căderii unei amenajări cu derivație (fig. 154) se compune din următoarele construcții:

a) *Complexul barajului,* în care intră: barajul, instalațiile de priză a apei (punctul de intrare a apei în canal), deversorul de viituri, instalații de curățire, grătare etc.

b) *Derivația,* care poate să fie sub presiune sau cu scurgere liberă.

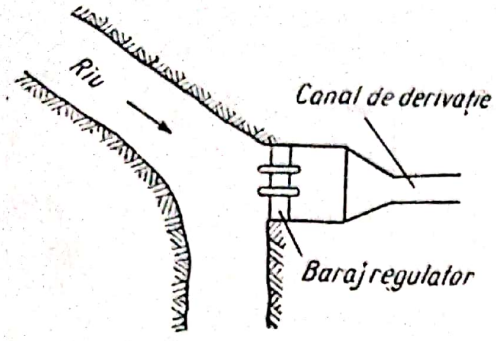


Fig. 155. Schema unei prize de apă fără baraj.

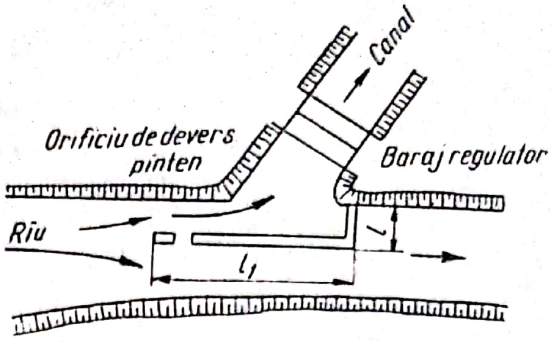


Fig. 156. Schema unei prize de apă cu pinten.

c) *Complexul centralei,* care cuprinde : camera de apă, cînd derivația este cu scurgere liberă, sau castelul de apă cînd derivația este sub presiune ; casa vanelor, conducta forțată, clădirea centralei și canalul de fugă.

Priza de apă. Instalațiile cu ajutorul cărora apa trece din lacul rezervor pe canalul de aducție poartă numele de instalații de priză. Aceste instalații au rolul să asigure debitul de apă necesar și să împiedice pătrunderea pe canal a corpurilor plutitoare, a gheții și a aluviunilor care produc uzura paletelor, reduc randamentul și timpul de lucru al turbinelor. Este cunoscut faptul că granulele de nisip cuarțos, cu diametrul între 0,25 și 0,5 mm, produc uzura rapidă a rotorului turbinelor. Aluviunile cu dimensiuni mai mici nu sînt așa de periculoase.

După modul de derivare a apei, instalațiile de priză sînt de trei feluri :

— *Instalații fără baraj* (fig. 155), folosite cînd nivelul și debitul rîului asigură în mod natural derivarea apei sub forma unui baraj regulator. Acest tip de priză se construiește pe rîurile care au debit solid mic, iar rocile sînt rezistente. Viteza de curgere a apei în canal fiind redusă în comparație cu viteza apei din rîu, are loc depunerea aluviunilor, producînd înnisiparea canalului de aducție. Din această cauză, acest sistem de priză este defectuos și se aplică numai cînd canalul are lungime mică.

— *Instalații cu pinten,* (fig. 156) se folosesc cînd albia rîului este instabilă, iar debitul solid și lichid variază. Pintenul are rolul de a mări debitul de apă deversat și de a micșora cantitatea de aluviuni ce pătrund în canal. Pentru reducerea debitului aluviunilor, pintenul este prevăzut cu un orificiu prin care iese surplusul de apă, asigurînd devierea aluviunilor.

— *Instalații de priză cu baraj* (fig. 157) se folosesc cînd derivarea apei nu este asigurată de regimul natural al rîului. Bara-

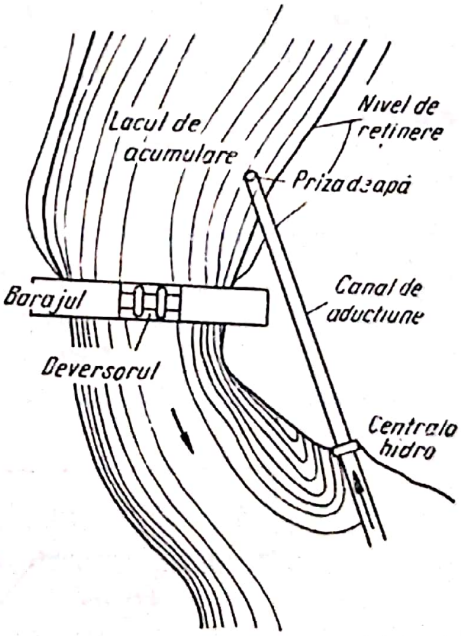


Fig. 157. Schema unei prize cu baraj.

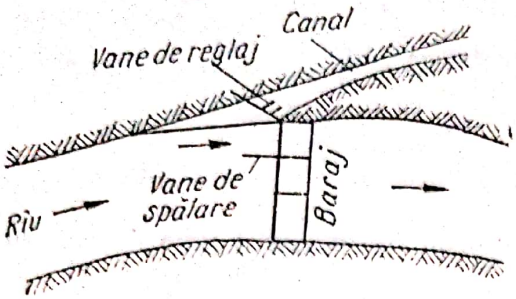


Fig. 158. Schema unei instalații de priză cu vane de reglaj și de spălare lîngă baraj:
(după K. K. Kuznețov și A. P. Zlatkovski).

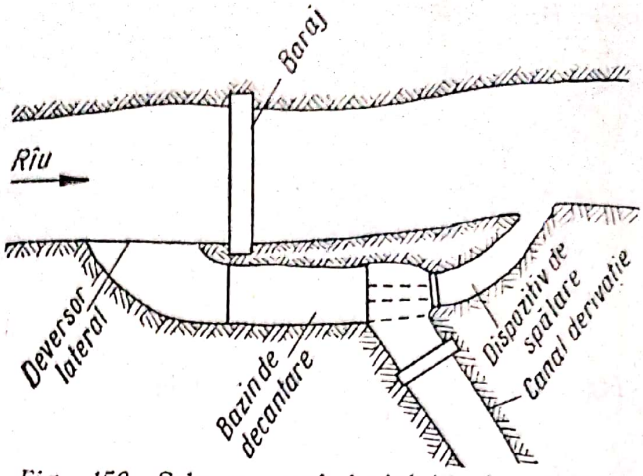


Fig. 159. Schema unei instalații de priză cu bazin de decantare lîngă baraj.

jul asigură ridicarea nivelului apei în lacul rezervor, pînă la o înălțime care să asigure trecerea apei în canalul de aducție cu un debit constant, reducînd în același timp viteza de curgere a apei pe toată întinderea lacului. Prin reducerea vitezei de curgere a curentului de apă, aluviunile se acumulează și cu timpul pot pătrunde pe canal. Pentru prevenirea acestui neajuns, instalațiile de priză sînt prevăzute cu dispozitive speciale de spălare a aluviunilor.

In funcție de condițiile naturale ale cursului de apă, se pot folosi următoarele scheme de priză:

— *priză simplă,* cu stavile de reglaj lîngă baraj (fig. 158), folosite în cazul barajelor înalte care deservesc centrale mici;

— *priză cu stavile de reglaj și spălare lîngă baraj,* care se întrebuințează pe rîurile cu aluviuni multe și în pantă mare (fig. 159);

— *priză de tip tirolez* (fig. 160), care este alcătuită dintr-un canal de beton situat de-a curmezișul albiei rîului, canal acoperit cu un grătar special, care împiedică pătrunderea corpurilor solide de dimensiuni mari, și care este în legătură cu un bazin de decantare situat pe malul rîului și cu derivația. In felul acesta, regimul rîului nu se schimbă și priza apei este posibilă la orice nivel.

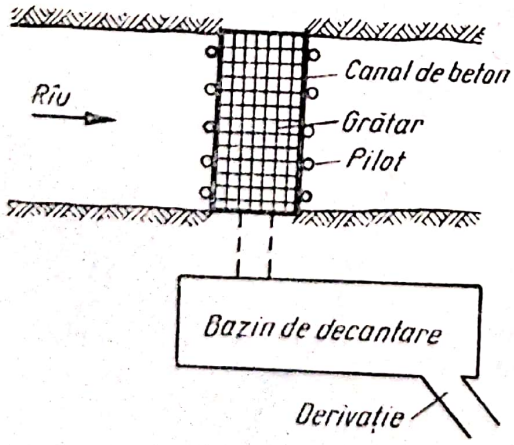


Fig. 160. Schema unei instalații de priză de tip tirolez.

Prizele de apă descrise mai sus se realizează pentru hidrocentralele mici. In cazul hidrocentralelor mari, deservite cu apă din lacuri rezervoare mari, priza de apă este mult mai mică. La intrarea apei în canalul de aducție se plasează un grătar special, care să împiedice pătrunderea materialelor solide plutitoare.

Scanned with OKEN Scanner

Aluviunile se depun la intrarea apei în lac, așa că la canalul de aducție apa ajunge mai mult sau mai puțin limpede.

Deversorul de viituri. În timpul ploilor abundente și prelungite, nivelul apei din lac se poate ridica foarte mult. Pentru a preveni eventuale deteriorări, la partea superioară a barajelor se instalează deversorul de viituri, peste care apa în surplus poate trece.

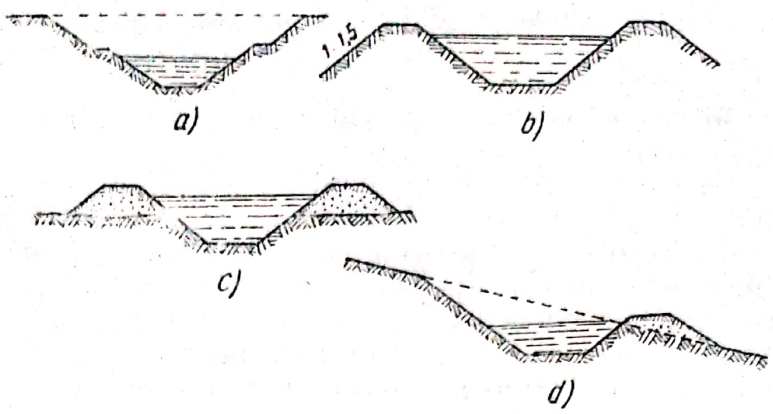


Fig. 161. Canale de aducție deschise:
a — în debleu; *b* — în rambleu; *c* — în semidebleu-semirambleu; *d* — pe pantă.

Grătarele sînt dispozitive din bare de fier în rețea, amplaste la intrarea apei din lacul de acumulare în canalul de aducție. Ele au rolul de a reține debitul solid plutitor, care dacă ar pătrunde pe conductă deteriorează instalațiile centralei.

Instalațiile de curățire constau din dispozitive speciale numite drăgi, cu ajutorul cărora se înlătură debitul solid adus de rîuri și torenți și se împiedică colmatarea lacului de acumulare.

Aducția apei. Apa este condusă la uzinele hidroelectrice cu ajutorul:
— aducției cu scurgere liberă, prin canale și conducte fără presiune;
— aducției sub presiune, prin conducte forțate.

Aducția cu scurgere liberă. Se realizează prin canale deschise sau conducte subterane. Canalelele deschise pot fi executate în săpătură, în umplutură sau pe versanți, cînd au profil mixt (fig. 161).

Din punct de vedere constructiv și al exploatării este mai bine să se execute canale deschise în săpătură, pentru că costă mai puțin și prezintă siguranță mare, mai ales dacă panta taluzelor este aleasă judicios, iar canalele sînt căptușite cu piatră, care le apără împotriva eroziunii.

Conducte fără presiune. Pentru prevenirea infiltrațiilor și producerii fenomenelor dăunătoare (năruirea stratelor, deformarea galeriilor, tasări etc.), ca efect al contactului rocilor cu apa, aducțiile subterane se construiesc pe cît este posibil fără cotituri și se căptușesc întotdeauna. Numai în cazuri rare, cînd tunelurile de aducție sînt săpate în roci tari și nefisurate, se pot lăsa fără consolidări și căptușeală. Totul se reduce la corectarea pereților cu mortar de ciment sau prin torcretare.

Aducția sub presiune. Pentru căderi de apă mai mari de 8 m, apa este condusă la hidrocentrală prin conducte forțate. În scopul micșorării pierderilor de sarcină, conductele forțate se construiesc în prelungirea canalului sau tunelului de aducție.

După felul materialelor întrebuințate pentru confecționarea conductelor forțate, acestea pot fi din lemn, beton armat sau metal.

Fiind sensibile la schimbări de temperatură, conductele de beton se acoperă cu un strat de pămînt, a cărui grosime se ia în funcție de adîncimea de îngheț.

Între aducțiia cu scurgere liberă și aducțiia sub presiune se interpun castelul de apă și casa vanelor.

Castelul de apă. În punctul de trecere a apei din canalul sau conducta fără presiune la conducta forțată, care alimentează cu apă turbinele uzinei hidroelectrice, se construiește castelul de apă, denumit și turnul de echilibru, sau camera de punere sub presiune a apei. Turnul de echilibru se construiește cu scopul de a micșora loviturile de berbec atunci cînd se închide casa vanelor. Prin pătrunderea apei în turnul de echilibru se micșorează presiunea curentului de apă din conductă, presiune care altfel ar amenința conducta cu distrugerea.

Casa vanelor este o construcție specială, situată în aval de castelul de apă, cu menirea de a opri accesul apei la turbine, în timpul cînd acestea sînt supuse reparațiilor.

d. Turbinele cu apă

Turbinele cu apă sînt mașini hidraulice, care transformă energia hidraulică a căderilor de apă în energie mecanică.

O turbină cu apă se compune din :

— Aparatul director, care permite reglarea debitului de apă de la zero la maximum ;

— Rotorul, care transformă energia hidraulică în energie mecanică. Rotorul este partea cea mai importantă la o turbină. El are axul în poziție verticală și prin intermediul unor roți dințate conice este pus în legătură cu generatorul electric (grupurile electrogene), al cărui ax este în poziție orizontală.

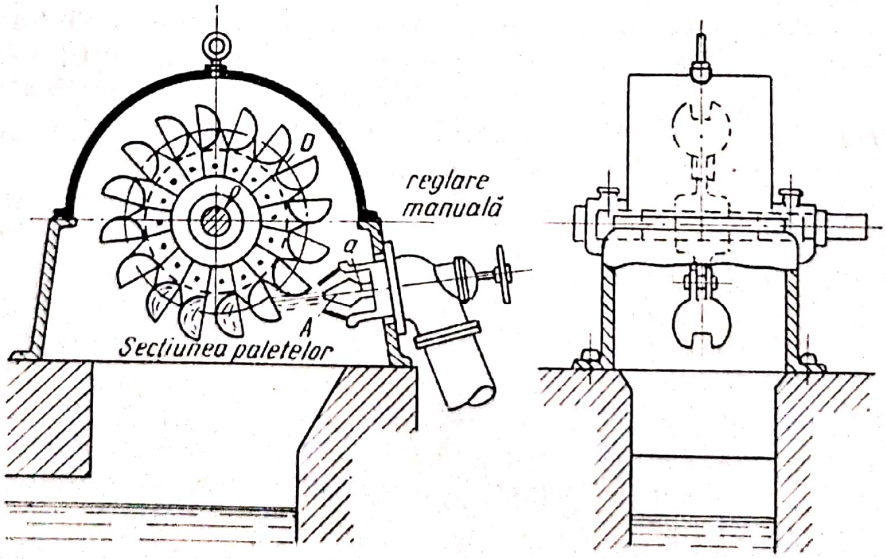


Fig. 162. Turbina Pelton :
(după K. K. Kuznețov și A. P. Zlatkovski).

— Aspiratorul, care are forma unui trunchi de con, cu diametrul mare egal cu acel al carcasei cilindrice a rotorului.

Clasificarea turbinelor cu apă. După felul acțiunii apei în turbine și al modului de producere a energiei electrice, turbinele cu apă se clasifică astfel :

— Turbine cu acțiune, care utilizează energia cinetică a apei. Căderea apei este transformată în viteză de către un aparat numit distribuitor sau stator, situat în imediată vecinătate a aparatului director. Pentru mișcarea rotorului, apa este injectată în anumite locuri de pe periferia rotorului ; exemplu, turbinele Pelton (fig. 162) și Banky (fig. 163).

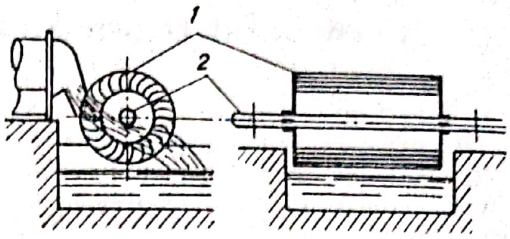


Fig. 163. Turbina Banki :
(după K. K. Kuznețov și A. P. Zlatkovski).

— Turbine cu reacțiune sau de presiune, în care apa intră cu energia compusă în mare parte din presiune și mai puțin din viteză ; exemplu, turbinele Francis, elicoidale etc.

Fiind mai simple în ceea ce privește construcția și exploatarea, turbinele cu reacție se întrebuințează pentru uzinele hidroelectrice mici. Turbinele Pelton și Banky sînt utilizate la căderile mari și cu debit mic de apă.

e. Puterea instalată a unei uzine hidroelectrice

Cantitatea de energie electrică obținută într-o uzină hidroelectrică depinde de :

— cantitatea de apă pe care o poate da în fiecare moment cursul de apă, adică de debitul de apă Q ;

— înălțimea de la care cade cantitatea de apă, adică diferența de înălțime H dintre locul de unde cade și locul unde ajunge apa ;

— randamentul uzinei n. Se știe că puterea utilă a unui rîu este sensibil mai mică decît cea teoretică, deoarece au loc pierderi de energie pe conducte, turbină, generatoare, instalațiile de transmisie etc.

Pierderile în uzinele hidroelectrice reprezintă în total circa 40% din puterea teoretică totală. Centralele hidroelectrice utilizează în mod practic circa 65% din puterea teoretică, randamentul este aproximativ 0,65.

Randamentul uzinei hidroelectrice este raportul dintre puterea utilă P_u și puterea teoretică P_t :

$$n=\frac{P_u}{P_t}.$$

Puterea instalată N a unei uzine se calculează cu formulele :

$$N=nP_t=n\,13{,}330\,QH \quad [\text{CP}],$$
$$N=nP_t=9{,}81\,QH \quad [\text{kW}].$$

2. CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU CONSTRUCȚII HIDROENERGETICE

Importanța cercetărilor tehnico-geologice pentru construcții se evidențiază în mod deosebit la construcțiile hidrotehnice și îndeosebi la cele hidroenergetice. Volumul cercetărilor și caracterul lor diferă în funcție de condițiile locale, tipul de construcție și stadiul de întocmire a proiectului.

Problemele care se pun în legătură cu amenajările hidroenergetice sînt legate de lacul de acumulare, baraj și construcțiile anexe.

a. Lacul de acumulare

Prin lac de acumulare se înțelege lacul artificial care se formează în spatele barajelor artificiale. Apa adunată în lacul de acumulare poate servi la irigarea terenurilor în perioadele secetoase, alimentarea centrelor populate și industriale, regularizarea cursurilor de apă navigabile și micșorarea regimului torențial al unor ape mari.

Inainte de construirea barajelor, suprafața care va fi ocupată de viitorul lac de acumulare trebuie să fie studiată amănunțit în ceea ce privește:

— pierderile de apă în văile vecine și în rocile din fundul și malurile lacului de acumulare;

— stabilitatea malurilor viitorului lac de acumulare;

— fenomenul de inundare și subinundare;

— condițiile de funcționare a lacului după barare a lui.

1) **Pierderile de apă din lacul de acumulare.** Pierderile de apă din lacul de acumulare prin infiltrații în văile vecine sau în rocile din jurul lacului sînt determinate de permeabilitatea în mare (fisuri, falii, goluri carstice) sau în mic (porozitate) a rocilor. Infiltrațiile cele mai mari se produc în rocile calcaroase, nisipuri, pietrișuri, gresii, mai mult sau mai puțin cimentate, gipsuri etc. De aceea, în cercetările tehnico-geologice acestor roci li se dă deosebită atenție.

a) Pentru rocile calcaroase se determină:

— caracterul fisurilor, adică lățimea, lungimea, direcția și repartiția lor în rocă. De asemenea se determină compoziția materialului care umple fisurile;

— caracterul formațiunilor carstice (peșteri, doline etc.) în ceea ce privește dimensiunile, poziția lor hipsometrică în raport cu nivelul apei din lac și legătura dintre ele;

— prezența rîurilor subterane și legătura lor cu rîurile din regiune.

Dacă lacul de acumulare se amplasează pe calcare, pericolul infiltrațiilor este foarte mare, îndeosebi cînd fisurile sînt dirijate în sensul curgerii apei, pierderile de apă sînt așa de mari, încît fac ca regiunile calcaroase să fie totdeauna părăsite. Cîteva lacuri de acumulare amplasate pe calcare în Spania demonstrează cît se poate de convingător acest lucru. De exemplu:

— Barajul Maria Cristina, înalt de 30 m, cu o capacitate de a reține 28 mil m^3 apă, nu reține decît 4 mil m^3 apă, pe o înălțime de 12 m;

— Barajul Mont Jacque din Andaluzia, din cauza infiltrațiilor în văile vecine, nu are niciodată lacul rezervor plin.

La noi în țară, barajul de la Scropoasa are pierderi însemnate de apă prin calcarele fisurate care mărginesc spre sud lacul. Apele infiltrate apar la intrarea în Cheile Urșilor, sub forma unui izvor destul de puternic.

Nu prezintă pericol de infiltrație calcarele cuprinse în roci impermeabile, precum și acelea care au fisurile umplute cu material impermeabil.

b) In cazul cînd lacul de acumulare se amplasează într-o regiune formată din marne, argilele cu intercalații de nisipuri, pietrișuri sau roci sfărîmate, se determină :

— poziția rocilor permeabile, față de nivelul apelor din lac și apariția lor în văile vecine ;

— grosimea rocilor permeabile.

c) Pentru rocile cu săruri solubile se determină :

— gradul de solubilitate și posibilitatea apariției fenomenelor carstice ;

— gradul de mineralizare a apelor.

La determinarea infiltrației prin maluri trebuie să se țină seama și de modul de așezare a rocilor, întrucît acesta are o importanță deosebită în apariția infiltrațiilor, chiar în roci mai puțin permeabile :

— cînd stratele sînt înclinate spre vale, infiltrațiile de apă sînt limitate de nivelul maxim al apei după bararea văii ;

— cînd stratele au înclinare spre amonte, se pot produce infiltrații numai cînd regiunea vecină este străbătută de o vale cu nivel de eroziune inferior față de acela al lacului ;

— cînd stratele sînt verticale, se pot produce infiltrații, numai dacă direcția lor este aceeași cu sensul de curgere al apelor. In caz contrar, adică dacă stratele sînt perpendiculare pe vale, infiltrațiile sînt reduse.

Faliile joacă un rol deosebit în mărimea debitului infiltrat. Dacă faliile afectează roci permeabile, ele constituie căi de acces a apelor din lac spre văile vecine.

Impotriva permeabilității prin falii, lacul este asigurat dacă faliile sînt umplute cu material impermeabil, traversează roci impermeabile, sau afectează roci permeabile care stau pe roci impermeabile.

Importanța deosebită în determinarea infiltrațiilor, au și apele subterane. Raportul dintre nivelul apei din lac și nivelul stratelor acvifere poate fi de multe feluri :

— dacă nivelul apelor subterane se găsește mai jos față de nivelul apei din spatele barajului, se produce un curent de apă, din lac în rocile per-

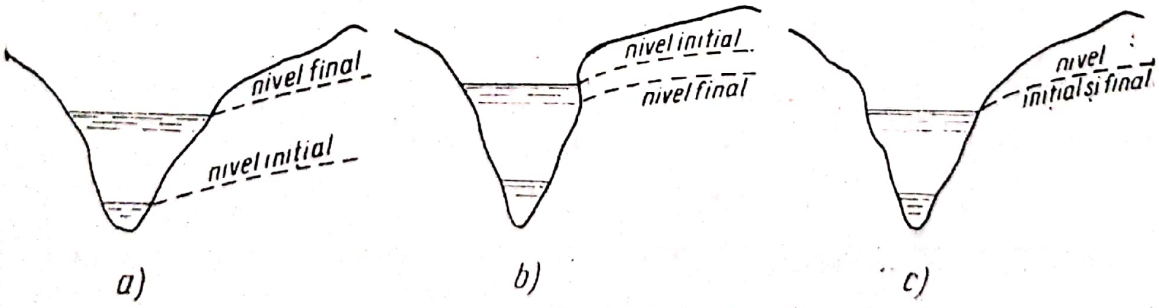


Fig. 164. Raportul între nivelul apei din lacul de acumulare și apele subterane.

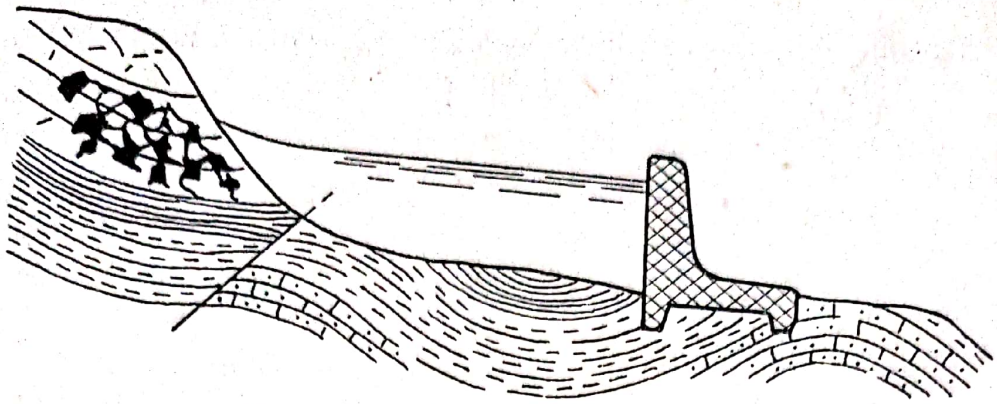


Fig. 165. Pierderi temporare de apă.

meabile, care are drept consecință ridicarea nivelului hidrostatic al apelor subterane (fig. 164, *a*);

— dacă nivelul apelor subterane este mai sus decît al apei din spatele barajului, nu se produc infiltrații. Din contra, apele subterane alimentează lacul (fig. 164, *b*) ;

— dacă nivelul apelor subterane este același cu nivelul apei din lac, între apele din lac și cele subterane se stabilește un echilibru, care nu se strică decît în cazul cînd unul din nivele își schimbă poziția (fig. 164, *c*).

Evaluarea pierderilor de apă. În general, prin fundul și malurile lacului de acumulare apa se poate pierde temporar și permanent.

Pierderile temporare se datoresc umplerii porilor crăpăturilor și golurilor din rocile permeabile (fig. 165). Ele apar în timpul formării lacului de acumulare și la viituri mari. În perioadele secetoase, datorită consumului și evaporării nivelul apei din lac scade. O parte din apa pierdută temporar, aceea reținută în rocile situate în partea superioară a malurilor, este cedată lacului, pe măsură ce nivelul apei sale scade.

Valoarea pierderilor de apă temporare se calculează cu relația :

$$Q = p\,(b\,h\,l + b_1\,h_1\,l_1 + \ldots b_n\,h_n\,l_n)\ [\mathrm{m}^3],$$

în care :

p este porozitatea rocilor ;
$b, b_1, \ldots b_n$ — lățimea suprafețelor de infiltrație, în m ;
$h, h_h, \ldots h_n$ — adîncimea apei în dreptul suprafeței de infiltrație respective ;
$l, l_1, \ldots l_n$ — lungimea suprafeței de infiltrație, în m.

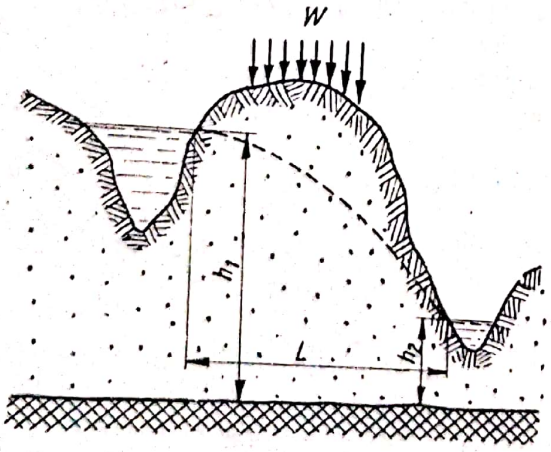


Fig. 166. Pierderi permanente de apă.

Pierderile permanente sînt infiltrațiile de apă din lacul de acumulare în văile vecine. Pierderile permanente se produc cînd nivelul apei din lac este superior nivelului apei din rîurile vecine și cînd interfluviile cuprind roci permeabile prin care apa se poate scurge (fig. 166).

Evaluarea pierderilor de apă permanente se poate face astfel :

— Dacă, undeva, în adîncime există un strat impermeabil orizontal, se aplică următoarea formulă :

$$Q = B K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2 L},$$

în care :

B este lărgimea frontului de infiltrație, în m ;

K — coeficientul de permeabilitate ;

h_1, h_2 — grosimea stratului permeabil măsurată de la stratul impermeabil pînă la nivelul apei din lac h_1 și nivelul apei rîului vecin h_2 ;

L — lărgimea interfluviului, măsurată între verticalele coborîte din punctele de contact al apei din lac și rîu cu malurile.

Dacă stratul impermeabil este înclinat se aplică formula

$$Q = B K \frac{(m_1 + m_2) h}{2 L},$$

în care :

m_1, m_2 este grosimea stratului permeabil, măsurată în punctele de contact ale rocii, cu nivelul apei din lac m_1 și rîu m_2 ;

h — diferența dintre nivelul apei din lac și rîu.

— În cazul cînd pe interfluvii cad precipitații, pierderile permanente de apă sînt în oarecare măsură reduse prin infiltrarea apelor de precipitație în rocile permeabile. Infiltrațiile din lac în văile vecine, în cazul acesta, se calculează cu formula :

$$Q = B\left(K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2 L} \right) - \frac{W L}{2},$$

în care :

W reprezintă modulul de infiltrație al apelor de precipitație atmosferică, calculat în funcție de permeabilitatea rocilor și cantitatea apei de precipitație anuală.

În tabela 14 se dă mărimea modulului de infiltrație W, calculat în funcție de permeabilitatea rocilor și cantitatea anuală de precipitații.

Tabela 14

Valorile modulului de infiltrație W

Permeabilitatea rocilor	Mică		Mijlocie		Mare	
	Mărimea lui W					
Cantitatea anuală de precipitație în mm	l/s pe ha	mm/zi pe m²	l/s pe ha	mm/zi pe m²	l/s pe ha	mm/zi pe m²
500—600	0,31	2,7	0,43	3,7	0,57	4,9
600—700	0,34	2,9	0,47	4,1	0,63	5,4
700—800	0,37	3,2	0,51	4,4	0,68	5,9
800—900	0,40	3,7	0,55	4,7	0,73	6,3

Scanned with OKEN Scanner

2) **Stabilitatea malurilor lacului de acumulare.** Bararea unui rîu provoacă schimbări esențiale în regimul cursului de apă și în procesele fizico-geologice care au loc pe malurile lacului de acumulare. Aceste schimbări constau în :

— scăderea acțiunii erozive a rîului;

— schimbarea formei malurilor, datorită abraziunii valurilor care se formează pe suprafața lacului cu întindere mare, variațiilor de nivel al apei din lac, datorită exploatării sau viiturilor mari din amonte și deplasărilor de teren care se produc deasupra terenului apei din lac.

a) *Scăderea eroziunii rîurilor* se datorește micșorării vitezei de curgere a apei din lac, ceea ce conduce la slăbirea acțiunii apei asupra fundului rîului. Acțiunea erozivă este înlocuită cu depunerea materialului solid, pietrișuri, nisipuri etc., care se acumulează în lac la distanțe diferite de țărm, în funcție de greutatea materialului și viteza curentului de apă.

b) *Forma malurilor*. După stăvilirea rîului și formarea lacului, malurile își schimbă sensibil forma lor. Aceasta se datorește :

— *Eroziunii valurilor*. Puterea erozivă a apei din lac depinde de înălțimea valurilor, iar acestea de întinderea suprafeței lacului de acumulare. Prin bararea rîului, lățimea suprafeței apei se mărește și, în consecință, crește și avîntul valurilor, precum și înălțimea acestora. Înălțimea valurilor crește direct proporțional cu rădăcina pătrată a mărimii avîntului.

Observațiile făcute de cercetătorii sovietici Șireamov și Kaciughin arată că abraziunea depinde de forma malurilor și unghiul de taluz natural al acestora, precum și de direcția din care bate vîntul ; eroziunea cea mai puternică o suferă malul situat în bătaia vîntului. Malurile joase cu pantă de 1°÷4° sînt puțin erodate ; de-a lungul lor se formează de obicei mlaștini. Malurile cu pantă de 5°÷10° formează o zonă de halaj subacvatică lină, iar eroziunea începe de la această zonă în sus. Eroziunea cea mai puternică are loc pe malurile cu înclinări cuprinse între 10° și 90°.

— *Variației nivelului apei din lac*. Printre cauzele care duc la variația nivelului apei din lac se înscriu : consumul hidrocentralei, precipitațiile atmosferice abundente care determină viituri mari, infiltrațiile și seceta care provoacă evaporarea intensă a apei. În general, variațiile de nivel au amplitudine de 5÷7 m, și chiar mai mult.

La nivelul zonei de variații se formează o zonă de țărm, numită zonă de halaj subacvatică. Lățimea și profilul acestei zone depind de mărimea variației de nivel a apei din lac, de înălțimea valurilor și de natura petrografică a rocilor. Dacă apa din lac se menține la același nivel, iar rocile sînt puțin rezistente, zona de țărm va avea o pantă lină, și invers.

Variația nivelului apei lacului de acumulare este foarte periculoasă pentru stabilitatea malurilor. Prin uscare și umezire alternativă, rocile de la nivelul apei se alterează intens și sub acțiunea valurilor puternice sînt ușor îndepărtate. În afară de aceasta, variația de nivel bruscă poate produce spălarea părților coloidale din roci și slăbirea rezistenței lor. Fenomenul se produce în felul următor : scăderea bruscă a nivelului apei din lac dă naștere la tensiuni hidrodinamice în roci, datorită presiunii hidrodinamice a apei subterane, care nu reușește să coboare tot atît de repede ca apa din lac. Apa din roci ieșind sub presiune antrenează particulele

coloidale și nisipurile fine. Rocile se slăbesc și se deplasează spre interiorul lacului sub formă de alunecări cu caracter sufozionar; în lacul Wolhen din Elveția, coborîrea nivelului apei cu 4÷6 m a produs alunecarea malurilor lacului, tocmai din cauza presiunii hidrostatice din maluri.

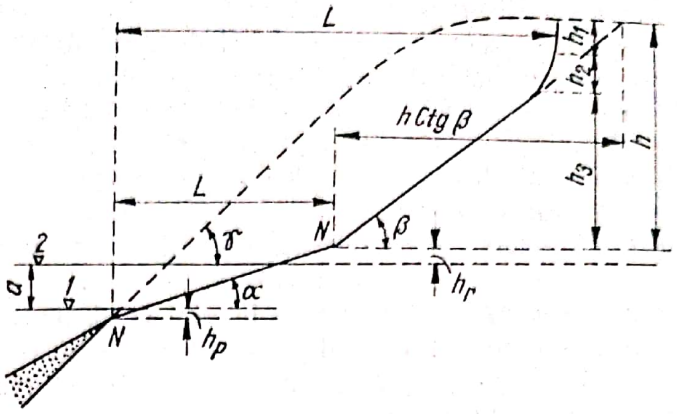


Fig. 167. Profilul malurilor lacului de acumulare după bararea văii:
(din N. N. Mihăilescu).

Deplasări de teren. Am arătat că în zona oscilațiilor nivelului apei din lac, malul capătă înclinări ale căror valori depind, în primul rînd, de natura petrografică a rocilor.

Rocile situate deasupra zonei de țărm se năruie încetul cu încetul prin alunecări de teren, prăbușiri etc., pînă ce se ajunge la unghiul de taluz natural sub apă, caracteristic pentru rocile respective. In cît timp malurile vor căpăta forma definitivă este greu de precizat, însă se presupune că deplasările de teren pe malurile lacului de acumulare au loc atunci cînd:

— rocile au înclinarea stratelor sau fisurilor în sensul pantei malurilor și mai mică decît acestea;

— apele lacului ating roci, cum sînt argilele, care prin umezire trec ușor în stare plastică sau curgătoare.

In felul acesta, prin bararea rîului se măresc posibilitățile de producere a deplasărilor de teren, chiar și acolo unde n-au existat asemenea fenomene.

Determinarea condițiilor de stabilitate a malurilor lacului de acumulare este o problemă dificilă, deoarece cauzele care concură la producerea acestor fenomene sînt foarte variate și acționează în raporturi diferite.

Profilul malurilor lacului de acumulare. După bararea rîului, sub acțiunea valurilor, a agenților atmosferici și a fenomenelor fizico-geologice, malurile lacului de acumulare se schimbă simțitor și capătă o formă anumită. Forma profilului malurilor este greu de determinat exact, însă în urma cercetărilor întreprinse se poate presupune.

O metodă grafică de determinare a viitorului profil al malurilor este arătată în figura 167.

Pornind de la un versant cu valoarea pantei α, se consideră că din cauza variației nivelului apei din lac pe amplitudinea a, la baza versantului se formează o zonă de țărm, denumită zona de halaj subacvatică. Această zonă este cuprinsă între cotele maximă și minimă ale nivelului apei din lac, în starea liniștită a apei. Insă cum apa lacului este continuu agitată, trebuie să se țină seama și de înălțimea valurilor h_v la cota maximă, cînd acestea izbesc țărmul, precum și de adîncimea h_p de propagare a valurilor la cota minimă a apei din lac.

Lățimea zonei de halaj l se calculează cu formula:

$$l = \operatorname{ctg} \alpha \, (h_p + a + h_v),$$

în care :

a este unghiul de taluz al zonei de țărm. Acest unghi este caracteristic pentru fiecare tip de rocă în parte ;

h_p — adîncimea de propagare a valurilor care se calculează cu formula :

$$h_p = 2 - 1{,}5\ h$$

(h = înălțimea valurilor) ;

a — amplitudinea variației nivelului apei din lac, care se obține prin măsurători hidrologice ;

h_v — înălțimea de ridicare a valurilor. Se calculează cu formula :

$$h_v = n\,k\,h\,\mathrm{tg}\ \alpha,$$

în care :

n — un coeficient care se ia egal cu 3, 2 ;

k — coeficient care depinde de rugozitatea suprafeței pe care se urcă valurile : $k = 1$ pentru betoane ; $k = 0{,}775$ pentru umpluturile de piatră ;

h — înălțimea valurilor, în m ;

α — unghiul de taluz al zonei de țărm, care depinde de înălțimea valurilor și constituția litologică a malurilor.

Sub punctul inferior al zonei de țărm N, taluzul malurilor se păstrează cu înclinarea lor dinainte de barare, deoarece el nu este erodat ci acoperit de materialul rupt din țărm.

Deasupra zonei de țărm se formează un povîrniș cu panta egală cu unghiul β. Acest unghi β este egal cu unghiul de taluz natural al rocilor ce constitue malurile. In general, dacă taluzele se formează în nisipuri, panta lor este plană ; dacă taluzele se formează în roci argiloase forma lor va fi curbilinie.

In fine, la partea superioară a povîrnișului se formează o treaptă verticală, a cărei înălțime h_1 se calculează cu formula :

în care :

$$h_1 = \frac{C}{\gamma_a},$$

C este coeziunea rocilor ;

γ_a — greutatea specifică aparentă a rocilor.

Treapta verticală provine de acolo că rocile nu pot fi rupte decît de sus în jos și pe verticală, deoarece numai în felul acesta poate fi învinsă rezistența la forfecare a rocilor prin greutatea proprie a materialului.

Lățimea L a zonei de mal în urma barării rîului se calculează cu formula :

$$L = l + h\ \mathrm{ctg}\beta$$

3) *Inundația și subinundația.* Inundația este acoperirea cu apă a suprafeței de teren care se găsește sub nivelul maxim stabilit pentru apa din lac.

Suprafața inundată se determină cu ajutorul unei hărți topografice cu curbe de nivel, amănunțită, pe care se trasează curba nivelului rîului la înălțimea topografică a barajului.

Pe baza acestor lucrări se stabilesc terenurile cultivabile, construcțiile și așezările omenești ce vor fi inundate. In cazul cînd unul din obiectivele principale se situează în zona ce va fi acoperită de apă și inundarea lui nu este rentabilă, se iau măsuri de izolare a lui cu ajutorul digurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Subinundația este influența pe care apele din spatele barajelor o exercită asupra apelor subterane din malurile lacului de acumulare.

4) *Condițiile de exploatare a lacului de acumulare.* Prin bararea văii și formarea lacului de acumulare, la intrarea apei din rîu în lac, viteza de scurgere a apei scade. În consecință, cantitatea de material solid cărat de rîu se depune în ordinea greutății sale, începînd din amonte spre baraj. Datorită acestui fenomen, lacul își pierde cu timpul capacitatea de acumulare, iar apa își schimbă din cauza evaporării intense chiar și compoziția chimică.

Durata unui lac de acumulare depinde de energia reliefului regiunii în care s-au făcut amenajările hidroenergetice.

Dacă lacul de acumulare este amplasat în regiuni de șes, materialul solid cărat de rîu este în cantitate mică și este reprezentat în majoritate prin particule argiloase care stau mult timp în suspensie. Din această cauză, colmatarea lacului progresează încet, și cum lacul are dimensiuni mari, micșorarea volumului de apă reținut nu se simte imediat.

Lacurile de acumulare amplasate în regiuni de munte sînt supuse unei colmatări intense, deoarece rîurile de munte transportă cantități mari de material, mai ales în timpul ploilor torențiale.

La noi în țară se citează veniri puternice de aluviuni în Valea Bistriței, Valea Jiului și Valea Buzăului. Cauza acestor importante deplasări de materiale constă în absența pădurilor în regiunea de izvoare. Apele de precipitații căzute pe sol în lipsa pădurilor nu se mai infiltrează, ci se scurg repede împreună cu mii de metri cubi de material, dînd naștere la rîpi și ponoare.

Pentru prevenirea antrenării materialelor de pe versanți în timpul ploilor torențiale se procedează la împădurirea regiunii și amenajarea torenților și văilor supuse eroziunii.

Compoziția chimică a apei din lac variază în funcție de anotimp. Vara, în perioadele secetoase se evaporă o mare cantitate de apă. Acest fenomen are drept consecință creșterea mineralizației apei din lac. Primăvara, după topirea zăpezilor, mineralizația apei din lacul de acumulare, scade.

Dimensiunile lacului de acumulare depind de înălțimea barajului și de configurația morfologică a văii în amonte de baraj. Condițiile geomorfologice cele mai favorabile, pentru ca lacul de acumulare să rețină cît mai multă apă, se întîlnesc pe văile care au profile transversale largi ce alternează cu profile transversale înguste și adînci. Dacă condițiile geologice permit, lacul de acumulare se amplasează în acea parte a văii cu profilul transversal cel mai larg, limitată în aval de un profil transversal îngust și adînc.

b. Barajele

Barajele sînt construcții executate cu scopul de a stăvili cursul de apă pentru crearea lacurilor artificiale.

Alegerea amplasamentului oricărui baraj este determinată de o serie de factori, printre care cei mai importanți sînt factorii :

— economici ; se cere ca lacul de acumulare să aibă un volum cît mai mare, pentru un baraj cît mai mic ;

— hidrogeologici ; este necesar ca lacul de acumulare să rețină cît mai multă apă și să nu o piardă prin infiltrații ;

— morfologici ; amenajările hidroelectrice cer ca barajele să fie plasate la înălțimi mari, pentru obținerea unei căderi suficiente pentru acționarea turbinelor ; amenajările pentru irigație, apă potabilă sau industrială, regularizări de cursuri de apă etc., cer ca barajele să fie amplasate la înălțimi mici și aproape de locul unde va fi folosită apa ;

— geologici ; lacul de acumulare trebuie să fie plasat pe terenuri impermeabile, iar barajul pe terenuri impermeabile și rezistente ca terenuri de fundație, pe cît posibil roci stîncoase.

Pentru alegerea amplasamentului barajului se fac cercetări tehnico-geologice amănunțite. În cursul acestor cercetări se stabilesc :

— secțiunea cea mai favorabilă pentru amplasarea barajului ;

— condițiile geologice ale terenului de fundație, în vederea alegerii tipului cel mai indicat de baraj ;

— legătura barajului cu malurile și adîncimea de fundare ;

— condițiile geologice și hidrogeologice în care se vor executa lucrările.

1) Văile rîurilor și barajele. Alegerea tipului de baraj, determinarea condițiilor în care se va lucra, executarea construcției depind în mare măsură de morfologia văii, omogenitatea rocilor din fundament și grosimea aluviunilor. Luînd în considerație acești factori, se deosebesc :

a) **Din punct de vedere morfologic**

— *Văi de tipul canioanelor* (fig. 168). Acestea sînt văi de secțiunea triunghiulară cu versanții abrupți, fără terase de acumulare. Apa rîului are viteză de scurgere foarte mare, din care cauză predomină eroziunea de fund. În această categorie sînt cuprinse văile rîurilor de munte, săpate în roci eruptive și sedimentare tari.

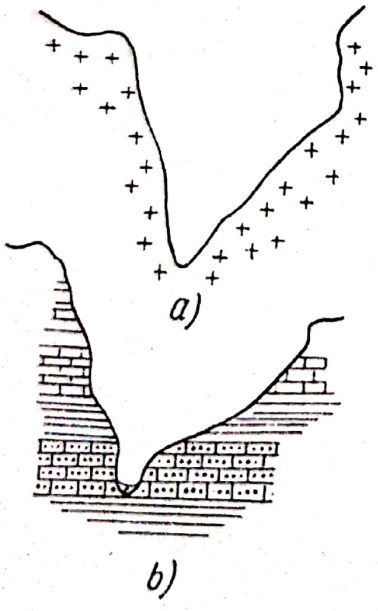


Fig. 168. Văi de tipul canioanelor.

— *Văi dezvoltate pe un singur versant* (fig. 169). Sînt văile cu profilul transversal asimetric. Versantul abrupt este săpat în rocile din fundament, iar versantul opus are panta mică și este acoperit de terase de acumulare de grosime mică. Eroziunea apei se produce pe fundul rîului sau lateral, pe versantul abrupt.

— *Văi dezvoltate pe ambii versanți* (fig. 170). În această categorie se încadrează văile cu terase de acumulare puternic dezvoltate, versanții distanțați și cu pantă lină. Albia rîului are lățime mare, viteza de scurgere a apei este mică și din această cauză cursul apei formează numeroase meandre.

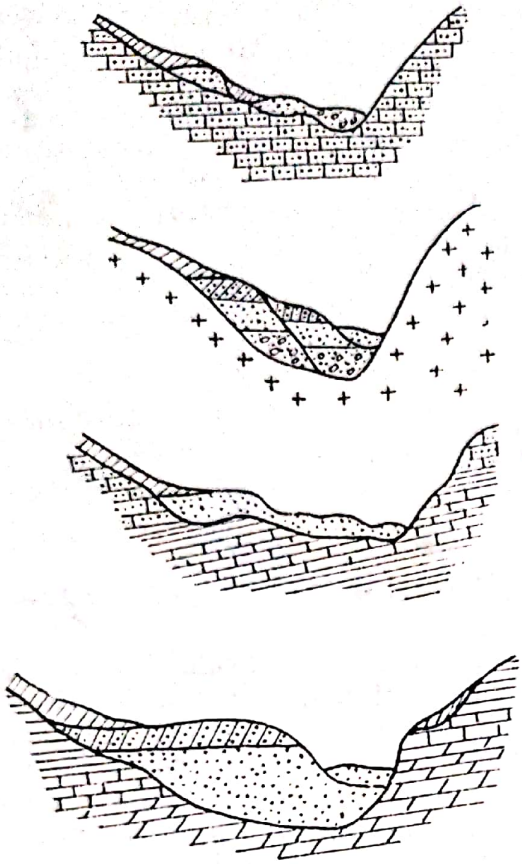


Fig. 169. Văi dezvoltate pe un singur versant :
(din N. N. Mihăilescu).

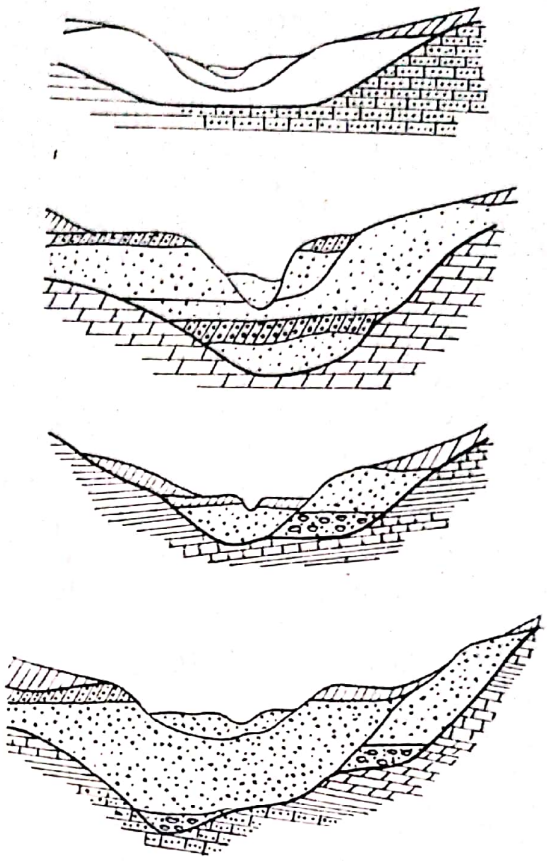


Fig. 170. Văi dezvoltate pe ambii versanți :
(din N. N. Mihăilescu).

b) In raport cu dizlocațiile tectonice

— *Văi longitudinale*. Sînt săpate de-a lungul sinclinalelor, anticlinalelor sau pe direcția stratelor monoclinale. Văile longitudinale se caracterizează prin neomogenitatea rocilor din fundația barajului, infiltrații de apă puternice în tot lungul văii, fisuri de dimensiuni mari în zonele anclinale, instabilitatea versanților la văile sinclinale, mai puțin la cele monoclinale.

Ținînd seama de aceste caracteristici, pe văile longitudinale nu este recomandabil să se amplaseze baraje.

— *Văi transversale*. Sînt săpate perpendicular pe direcția stratelor. Din această cauză, de-a lungul lor se întîlnesc profile transversale largi la intersecția rîului cu roci moi, alternînd cu profile transversale dure. Stratele pot să fie verticale și înclinate spre amonte sau spre aval.

Văile transversale, cu înclinarea stratelor spre amonte sau chiar verticale, sînt cele mai indicate pentru construirea barajelor. Barajele se plasează în porțiunile înguste ale văilor, pentru a se forma lacuri de acumulare mari în zonele cu profil transversal larg. In plus, există siguranță mare împotriva infiltrațiilor și rocile din fundații au stabilitate mare.

Scanned with OKEN Scanner

Amplasrea barajelor în zonele cu înclinarea stratelor spre aval nu este indicată, deoarece se produc infiltrații abundente pe sub talpa și aripile barajului, ceea ce duce la micșorarea stabilității barajului.

— *Văi diagonale*. Se întîlnesc la trecerea rîurilor de la un curs, de-a lungul axei unei structuri anticlinale sau sinclinale, la altul transversal pe acesta. Văile diagonale se întîlnesc rar și au în general lungime mică.

2) **Cercetări tehnico-geologice pe zona de amplasare a barajului.** Pentru stabilirea amplasamentului unui baraj, în punctele considerate ca variante posibile se fac cercetări tehnico-geologice detaliate. Interesează în mod deosebit compoziția litologică a rocilor și proprietățile lor fizico-mecanice, modul de zăcămînt al rocilor, condițiile hidrogeologice etc.

a) *Studiul litologic* al rocilor constă în :

— stabilirea categoriilor de roci prin cercetarea terenului în aflorimente sau prin lucrări de explorare : tranșee, puțuri, galerii, foraje etc.

— stabilirea compoziției mineralogice și petrografice a rocilor prin cercetări de teren și de laborator ;

— determinarea grosimii stratelor ;

— determinarea vîrstei rocilor sedimentare și a celor eruptive în raport cu cele sedimentare.

b) *Dintre proprietățile fizice și mecanice* ale rocilor prezintă interes deosebit greutatea volumetrică, porozitatea, umiditatea, frecarea interioară, permeabilitatea, coeziunea, rezistența la compresiune și forfecare. Aceste proprietăți ale rocilor determină stabilitatea terenului de fundație. În consecință, analizele de laborator trebuie executate cu deosebită atenție și pentru toate varietățile litologice, pentru a putea aprecia just sarcinile pe care le pot suporta rocile și stabilitatea terenului în general.

c) *Modul de zăcămînt al rocilor* are importanță deosebită în determinarea infiltrațiilor și deci a stabilității terenului. În practica construirii barajelor s-au întîlnit următoarele structuri geologice (fig. 171) :

— Structuri favorabile :

— strate înclinate spre amonte (foarte favorabile) ;

— strate orizontale (favorabile) ;

— strate verticale, perpendiculare pe vale (favorabile) ;

— Structuri defavorabile :

— strate înclinate spre aval ;

— strate paralele cu axa văii, verticale sau înclinate spre unul din versanți.

d) *Faliile și barajele*. Faliile și crăpăturile produse în roci în timpul mișcărilor orogenice influențează de asemenea stabilitatea barajelor. Exemple de baraje amplasate pe falii sau în apropierea lor, care s-au prăbușit din cauza instabilității terenului provocat de prezența faliilor sînt numeroase. Cel mai edificator exemplu îl constituie barajul de la San Francisco (California), construit în anul 1924 pentru alimentarea cu energie electrică a orașului Los Angeles. Barajul înalt de 50 m a fost construit chiar pe o falie ce traversa rîul, umplută cu material argilos. Sub presiunea apei din spatele barajului, materialul argilos a fost spălat și pe sub talpa barajului au apărut infiltrații cu un debit de 28,32 l/s. Înainte de prăbușirea barajului, debitul infiltrațiilor a ajuns la 84,96 l/s, și chiar mai mult.

Scanned with OKEN Scanner

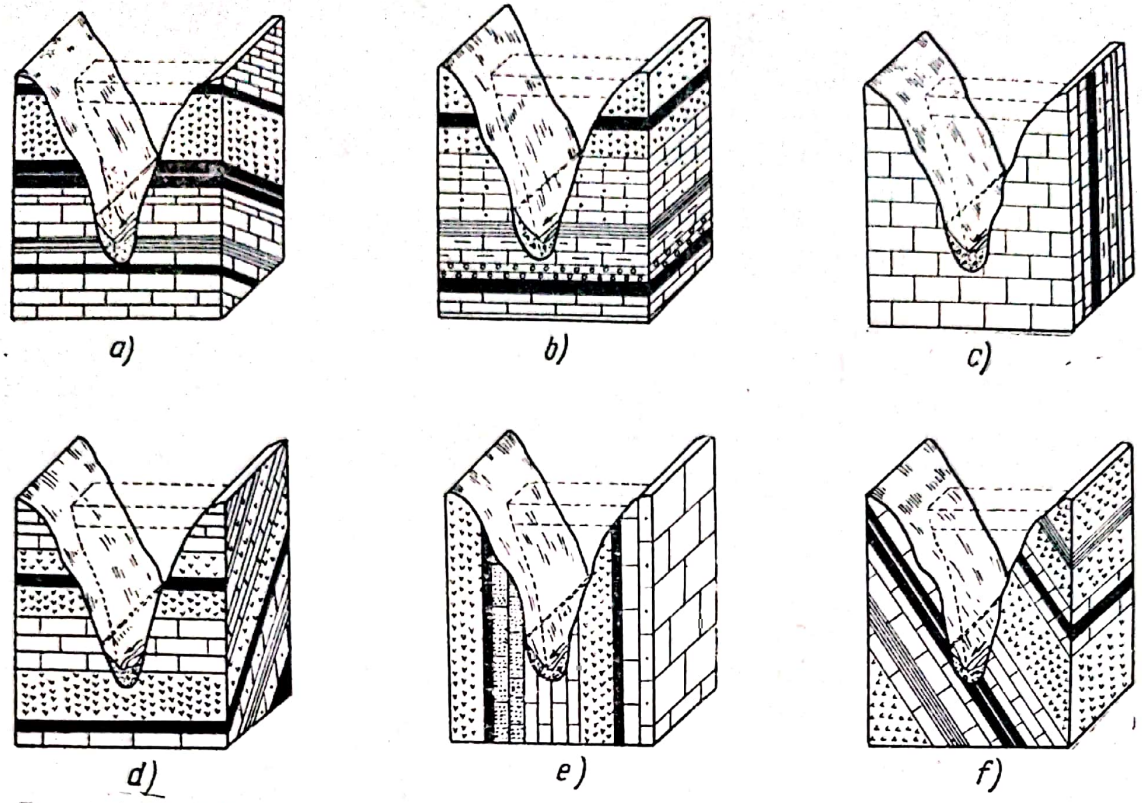


Fig. 171. Condițiile de stabilitate a terenului de fundație la baraje în raport cu planul de stratificație :
a — foarte favorabilă ; *b*, *c* — favorabile ; *d* — foarte nefavorabile ; *e*, *f* — nefavorabile (după A. Desio).

Prăbușirea barajului s-a produs la orele 12 noaptea. Apa revărsată din lacul de acumulare, înaintînd la vale sub forma unui val înalt de 30 m, a distrus tot ce a întîlnit în cale, poduri, șosele, locuințe, omorînd 400 de oameni.

Cercetările efectuate asupra cauzelor care au provocat distrugerea barajului au scos în evidență insuficienta cunoaștere a structurii geologice. Studiile de geologie s-au rezumat numai la o cercetare sumară a zonei barajului prin cîteva lucrări de explorare, puțuri și galerii executate de către inginerii constructori, fără consultarea unui geolog.

Barajul de la Hebra (Algeria), construit între anii 1865—1871 de către francezi pentru irigație, s-a prăbușit de trei ori. Cauzele prăbușirii constau în aceea că barajul a fost amplasat în apropiere de o falie, pe gresii argiloase și marne. Prin revărsarea apei la viituri mari peste creasta barajului, se muiau argilele de sub fundație și, probabil, prin jocul forțelor tectonice, barajul nu a rezistat după cea de-a doua reconstrucție făcută în anul 1887, decît pînă în anul 1927.

e) *Condițiile hidrogeologice* în care se amplasează barajele au importanță deosebită pentru stabilitatea construcțiilor. Apele subterane și apele infiltrate pe sub baraje și aripile acestora pot provoca subpresiuni periculoase pentru stabilitatea barajelor. De asemenea, apele subterane produc

coroziunea și afînarea rocilor. Infiltrația apelor are efecte dăunătoare, care cresc pe măsură ce debitul infiltrațiilor se mărește.

În consecință, studiul detaliat al condițiilor hidrogeologice se impune în mod deosebit, cu ocazia proiectării barajelor.

3) **Infiltrațiile pe sub baraje și pe aripile acestora.**

Pierderile de apă prin infiltrații în jurul barajelor constituie o problemă deosebit de importantă în cercetarea tehnico-geologică pentru amplasarea barajelor. Ele influențează economia lacului de acumulare și stabilitatea barajelor.

La cercetarea infiltrațiilor în jurul barajelor se determină :

— volumul de apă pierdut prin infiltrații. Pierderile de apă prin infiltrații au importanță deosebită pentru barajele proiectate pe rîuri cu debit mic, unde chiar infiltrațiile reduse pot influența economia lacului ;

— viteza curentului de apă care se infiltrează, deoarece dacă filtrarea se face cu viteză mare, apa poate dizolva mineralele ușor solubile și antrena o parte din materialul din fundația barajului, micșorînd stabilitatea rocilor.

Deci, impermeabilitatea rocilor din zona de amplasare a barajelor este, după capacitatea portantă a rocilor de fundație, a doua problemă esențială care se cere rezolvată în legătură cu construirea barajelor.

Din punctul de vedere al infiltrațiilor, la amplasarea barajelor se pot întîlni următoarele cazuri :

— Fundul văilor și malurilor sînt alcătuite din roci coezive. Impermeabilitatea depinde de natura rocilor și de prezența crăpăturilor. În cazul existenței fisurilor, infiltrația apei depinde de mărimea, frecvența și orientarea fisurilor. Condițiile cele mai defavorabile se întîlnesc în rocile cu permeabilitate crescîndă, cum sînt calcarele și dolomitele.

— Fundul văilor este constituit din material aluvionar, iar malurile din roci coezive. În acest caz, dacă aluviunile nu sînt prea groase, fundația barajelor se plasează pe rocile coezive, iar dacă aluviunile sînt groase și fundamentul nu poate fi atins, barajele nu pot fi realizate din cauza infiltrațiilor posibile prin aluviuni.

— Fundul și malurile văilor sînt constituite din aluviuni și roci necoezive. Se renunță la construirea barajelor, deoarece impermeabilitatea este prea costisitoare și nesigură.

Infiltrația apei pe sub baraje se face după anumite reguli. Prin rocile mai puțin permeabile, apa străbate perpendicular pe suprafața stratelor, iar în rocile permeabile infiltrațiile se produc după un traseu înclinat față de aceste suprafețe.

În stratele neomogene, infiltrațiile prezintă caractere diferite. Astfel :

— Dacă stratul permeabil este situat sub fundație, infiltrațiile au loc prin acest strat. Debitul infiltrațiilor este determinat de grosimea și permeabilitatea acestui strat (fig. 172, *a*, *b*).

— Dacă stratul permeabil este acoperit de un altul mai puțin permeabil sau impermeabil, infiltrațiile depind de gradul de permeabilitate prin porozitate sau fisuri al stratului acoperitor (fig. 172, *c*).

— Dacă stratul permeabil este cuprins între strate impermeabile, infiltrațiile depind de permeabilitate prin fisuri a stratului impermeabil superior (fig. 172, *d*).

Scanned with OKEN Scanner

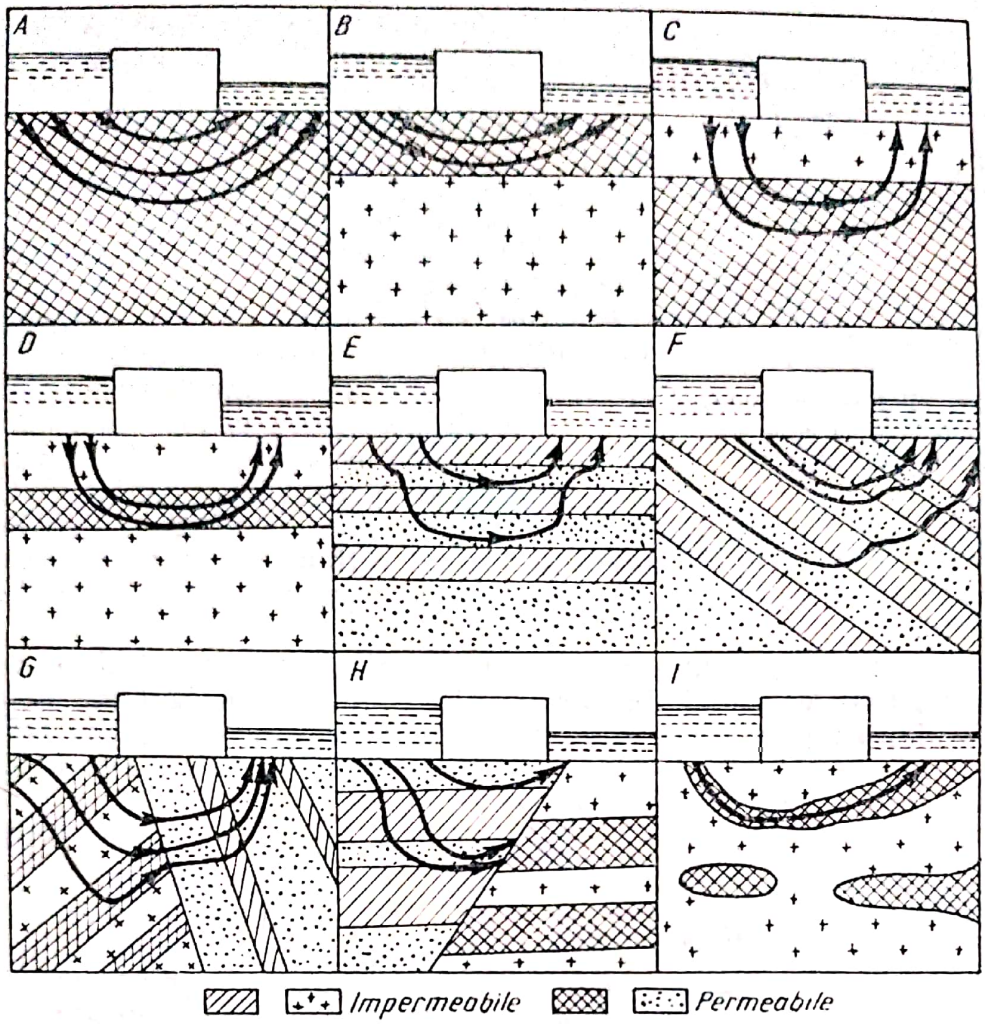


Fig. 172. Condițiile în care se produc infiltrațiile pe sub baraje:
(după N. N. Maslov, din N. N. Mihăilescu).

— Dacă stratele permeabile alternează cu strate impermeabile, infiltrațiile se fac mai greu prin porozitate, însă mai ușor prin crăpături (fig. 172, *e*).

— Dacă stratele permeabile sînt în alternanță cu strate impermeabile și în poziție înclinată, valoarea infiltrațiilor depinde de contrapresiunea apei din stratele permeabile (fig. 172, *f*).

— Dacă stratele permeabile alternează cu strate impermeabile și sînt în poziții diferite, infiltrațiile sînt îngreuiate de apele subterane care au regim anormal (fig. 172, *g*).

— Dacă succesiunea de strate permeabile și impermeabile este interceptată de falii, pot să apară infiltrații pe falii, pentru că zonele de falii sînt de cele mai multe ori zdrobite și deci permeabile (fig. 172, *h*).

— Dacă rocile impermeabile conțin lentile neregulate de roci permeabile, infiltrațiile pot avea efect distrugător (fig. 172, *i*).

Scanned with OKEN Scanner

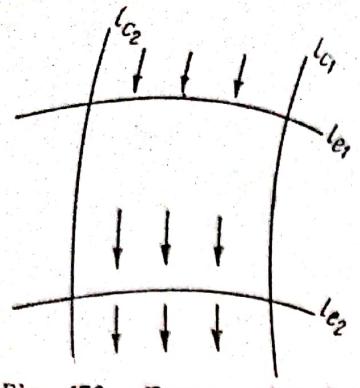


Fig. 173. Forma cîmpului între două linii de curent și două linii echipotențiale.

a) *Calculul infiltrațiilor.* În zona construcțiilor hidroenergetice, după ridicarea barajelor se pot produce infiltrații prin:

— terenul de fundație — infiltrații pe sub baraje;

— punctele de contact dintre baraje și versanții văilor — infiltrații laterale;

— corpul barajelor, atunci cînd acestea sînt constituite din pămînt.

Infiltrații pe sub baraje. Pentru determinarea infiltrațiilor pe sub baraje s-au făcut numeroase experiențe și s-a ajuns la următoarele rezultate:

— În condițiile în care au fost stabilite liniile de curent și liniile echipotențiale (fig. 173), debitul infiltrațiilor se calculează considerînd pierderea de sarcină între două linii echipotențiale consecutive de-a lungul liniilor de curent și determinînd gradientul hidraulic, viteza curentului de apă după legea lui Darcy și suprafața de curgere, normală pe direcția curentului.

Curgerea apei se produce în intervalul cuprins între două linii de curent (fig. 174), de la un potențial mai ridicat le_1 la altul mai scăzut le_2. Diferența de potențial Δh între două linii echipotențiale succesive este constantă și egală cu diferența totală de potențial ΔH, împărțită la numărul de intervale cuprinse între liniile echipotențiale $N\varphi$, adică:

$$\Delta h = \frac{\Delta H}{N_\varphi}.$$

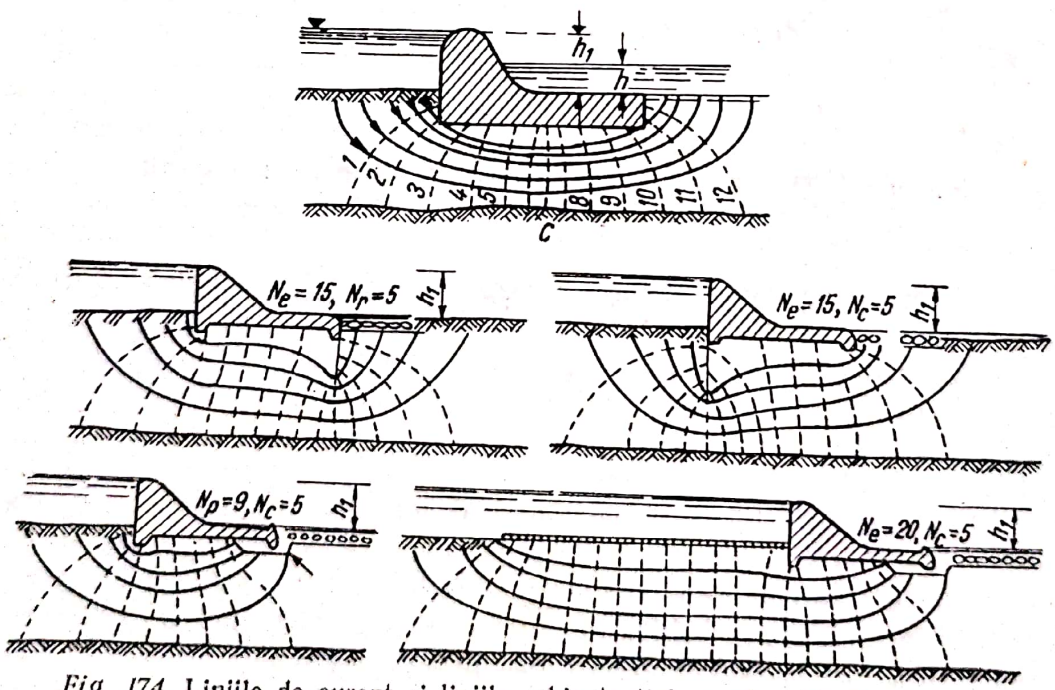


Fig. 174. Liniile de curent și liniile echipotențiale pentru diferite tipuri de baraje:
(după H. Lehr).

Între două linii echipotențiale, gradientul hidraulic

$$i=\frac{\Delta H}{N_\varphi b},$$

în care b este jumătate din lățimea tălpii fundației barajului.

Cantitatea de apă q care curge între două linii de curent și două linii echipotențiale este dată de relația :

$$q=\frac{\Delta h}{b}\,K,$$

în care k este coeficientul de infiltrație, în m³/zi.

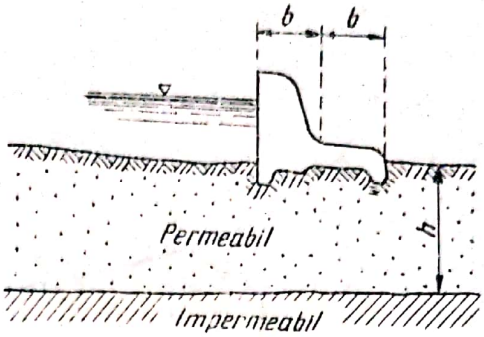


Fig. 175. Baraj amplasat pe roci permeabile de grosime mică.

Curentul fiind continuu, debitul de apă este constant între două linii de curent considerate, iar cantitatea de apă care se scurge pe acest interval este :

$$q=K\frac{\Delta H}{N_\varphi b}.$$

Debitul de apă fiind același pentru un număr N_c de canale, cantitatea totală de apă care se infiltrează pe sub baraje este dată de relația :

$$Q=K\Delta H\frac{N_c}{N_\varphi}.$$

In cazul cînd nu se cunoaște spectrul hidrodinamic, debitul infiltrațiilor se calculează cu ajutorul unor formule propuse de diverși cercetători, în funcție de adîncimea la care se găsește un strat impermeabil.

Dacă terenul de fundație este alcătuit din roci relativ omogene, iar stratul impermeabil se găsește la mică adîncime (fig. 175), pentru calculul infiltrațiilor se aplică formula :

$$Q=KHQ_r,$$

în care :

Q este debitul infiltrat pe sub baraj, pe unitatea de lungime, în m³/zi ;

H — presiunea creată de baraj (diferența dintre cota biefului amonte și cota biefului aval), în m H_2O ;

Q_r — debitul raportat, care se determină cu ajutorul graficului din figura 176, în funcție de raportul $\frac{b}{h}$, în m³/min ;

h — adîncimea la care se găsește stratul impermeabil.

Exemplu. Să se determine debitul infiltrațiilor pe unitatea de lungime a unui baraj, cunoscînd : $K=15$ m/zi ; $H=12$ m ; $b=10$ m ; $h=20$ m.

Cu ajutorul graficului din figura 176 se stabilește raportul $b/h=0{,}5$, care corespunde valorii $Q_r=0{,}6$;

$$Q=15\cdot 12\cdot 0{,}6=108 \text{ m}^3/\text{zi ml.}$$

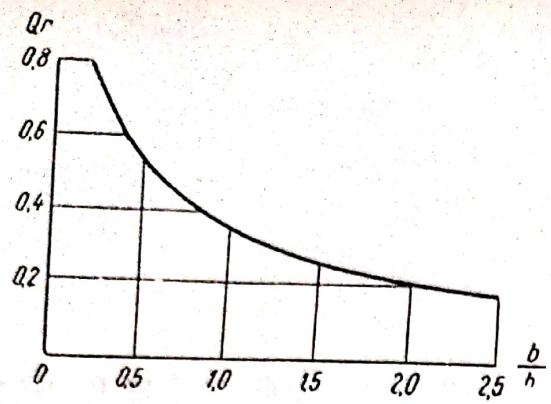


Fig. 176. Graficul pentru determinarea debitului raportat Q_r.

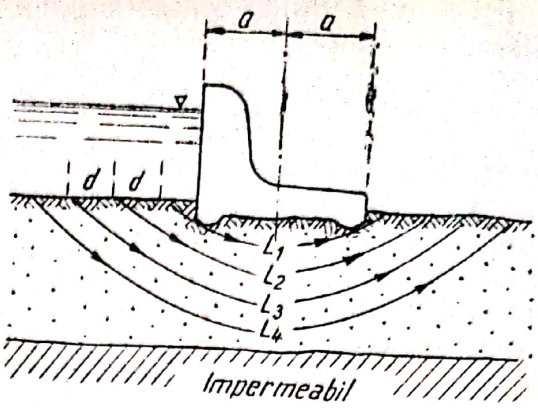


Fig. 177. Calculul infiltrațiilor prin metoda semielipselor.

Dacă grosimea rocilor permeabile din terenul de fundație al barajului este prea mare, și adîncimea activă a curentului de apă este egală cu 6 lungimi ale radierului Q_r se ia egal cu 1, deoarece Q_r scade cu adîncimea, așa cum rezultă din tabela 15.

Tabela 15

Valorile Q_r în funcție de raportul h/b

h/b	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
Q_r	0,032	0,063	0,156	0,283	0,463	0,704	0,964	1,174

Din analiza tabelului de mai sus se constată că o dată cu creșterea lui h crește și debitul infiltrațiilor, însă numai pînă la o anumită valoare, din cauză că în adîncime porozitatea scade. De aceea, în practică, de cele mai multe ori, Q_r se ia egal cu 1.

In cazul cînd adîncimea stratului impermeabil nu depășește lățimea barajului, adică raportul $2b/h \geqslant 1$, debitul filtrațiilor pe sub baraje mai poate fi calculat practic cu următoarea formulă:

$$Q = KH\frac{h}{2b+h} \quad \text{sau} \quad Q = KH\frac{h/b}{2+h/b}.$$

Această formulă dă rezultate bune cînd $h/b \leqslant 2$. Dacă $h/b > 2$, rezultatele obținute trebuie majorate cu 10÷20%.

Metoda semielipselor. O metodă simplă pentru determinarea infiltrațiilor pe sub baraje este metoda semielipselor. In această metodă, liniile de curent se consideră ca semielipse, iar ca axă de simetrie a acestora, axa care trece prin talpa radierului (fig. 177).

Lungimea liniilor de curent L se calculează cu relația:

$$L = \frac{\pi}{2}(l+b)\rho,$$

în care :

l este lungimea semiaxei mari a elipselor, care se calculează cu formula : $l=a+(n-1)\,d$;
b — mărimea semiaxei mici a elipsei ; $b=n\cdot d$;
ρ — coeficient care se ia în funcție de raportul $\frac{1-b}{1+b}$;
a — ½ din lățimea tălpii barajului ;
d — distanța dintre două linii de curent.

Avînd determinate liniile de curent, pierderile de apă pe fiecare linie de curent se calculează după Darcy astfel :

$$q=vs,$$

$$v=ki=k\frac{\Delta H}{L},$$

$$q=ks\frac{H}{L}.$$

Pierderea totală de apă prin infiltrație pe sub baraje Q se calculează cu relația :

$$Q=q_0+q_1+q_2\cdots q_n=kH\left(\frac{s_0}{L}+\frac{s_1}{L_1}+\frac{s_2}{L_2}\cdots\cdots\frac{s_n}{L_n}\right).$$

Exemplu. Să se calculeze debitul infiltrațiilor pe sub talpa unui baraj, cunoscînd : $k=0{,}0002$ m/s ; $H=20$ m ; $d=10$ m.

Cu ajutorul relației : $L=\frac{\pi}{2}(l+b)$ ρ se stabilește tabela 16.

Tabela 16

Elementele de calcul a lungimii liniilor de curent pentru determinarea infiltrațiilor prin metoda semielipselor

Nr. semielipsei	b în m	l în m	ρ	L în m	v în m/s
L_1	10	50	1,1129	105	$4\cdot10^{-5}$
L_2	20	60	1,0635	134	$3\cdot10^{-5}$
L_3	30	70	1,0404	163	$2{,}5\cdot10^{-5}$
L_4	40	80	1,0279	194	$2{,}1\cdot10^{-5}$
L_5	50	90	1,0201	225	$1{,}8\cdot10^{-5}$
L_{10}	100	140	1,0062	380	$1{,}1\cdot10^{-5}$
L_{12}	120	160	1,0055	442	$0{,}9\cdot10^{-5}$
L_{13}	130	170	1,0047	477	$0{,}8\cdot10^{-5}$
L_{15}	150	190	1,0033	536	$0{,}75\cdot10^{-5}$

Pe baza datelor din tabela de mai sus se întocmește graficul vitezei de mișcare pe traectorie, în funcție de semiaxa mică b (fig. 178) $b=nd=$

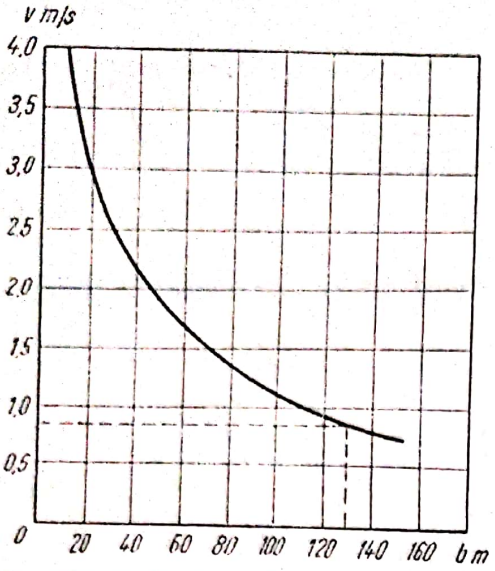


Fig. 178. Graficul pentru determinarea vitezei de mișcare a apei pe traiectorie : (din N. N. Mihăilescu).

$= 13 \cdot 10 = 130$ m, adîncime la care viteza infiltrațiilor este constantă și de la care rocile poroase sînt socotite practic impermeabile din cauza reducerii porozității. Adîncimii $b = 130$ m îi corespunde o viteză $V = 0{,}8 \cdot 10^{-5}$.

Cunoscînd viteza V, se poate calcula lungimea liniei de curent respective cu formula :

$$L_n = K\frac{H}{V} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 20}{0{,}9 \cdot 10^{-5}} = 470 \text{ m}.$$

Liniei de curent de 470 m îi corespunde o semiaxă mare $l = 168$ m, măsurată de la mijlocul tălpii barajului.

Valoarea $l - a = 168 - 50 = 118$ m reprezintă distanța în amonte de baraj pînă la care se produc infiltrații pe sub baraj.

Lungimea medie a traiectoriilor cuprinse între două linii de curent se poate calcula cu ajutorul tabelei de mai sus, astfel :

$$L_0 = 2a = 100,$$

$$L_{1med} = \frac{L_0 + L_1}{2} = \frac{100 + 10}{2} = 102{,}5 \text{ m},$$

$$L_{3med} = \frac{L_1 + L_2}{2} = \frac{102{,}5 + 134}{2} = 118{,}2,$$

$$L_{nmed} = \frac{L_{12} + L_n}{2} = \frac{442 + 470}{2} = 456 \text{ m}.$$

In tabela 17 se dau valorile lui q, s și L pentru diferite linii de curent :

Tabela 17

Valorile lui q, s și L pentru diferite linii de curent

Numărul liniei de curent	L	s	q	Numărul liniei de curent	L	s	q
1	100	6,5	0,300	6	210	1,5	0,028
2	102,5	5	0,194	7	304	1,2	0,016
3	119,5	3,5	0,116	8	411	1	0,009
4	148,5	2,5	0,067	9	456	0,8	0,007
5	178	2	0,045	10	506	0,7	0,004

Scanned with OKEN Scanner

Pierderea totală prin infiltrație pe sub talpa barajului va fi:

$$Q=0{,}300+0{,}194+0{,}116+\ldots+0{,}004=0{,}786 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Cînd terenul de fundație este alcătuit dintr-o succesiune de strate orizontale cu permeabilitate diferită, se calculează în prealabil coeficientul de infiltrație mediu K_{med} cu formula:

$$K_{med}=\sqrt{K_{max}\,K_{min}}.$$

Se știe că rocile au permeabilitate maximă K_{max} paralel cu stratificația și permeabilitatea minimă K_{min} perpendicular pe stratificație:

$$K_{max}=\frac{k_1m_1+k_2m_2+\cdots+k_nm_n}{m_1+m_2+\cdots+m_n},$$

$$K_{min}=\frac{k_1+m_2+\cdots+m_n}{\frac{k_1}{m_1}+\frac{k_2}{m_2}+\cdots+\frac{k_n}{m_n}},$$

în care:

$k_1, k_2 \ldots k_n$ sînt coeficienți de infiltrație ai diferitelor strate;
$m_1, m_2 \ldots m_n$ — grosimile stratelor, în m.

Cunoscînd K_{med}, debitul filtrațiilor Q se calculează cu formula:

$$Q=K_{med}\ HQ_r$$

Infiltrații laterale. Barajele încastrate în roci permeabile prezintă uneori infiltrații de ocolire, din bieful amonte în bieful aval, pe la aripile lor. Aceste infiltrații nu se produc pe toată lungimea malului, ci numai pe o anumită zonă, care se întinde de la axa barajelor în amonte. Lățimea frontului de infiltrație B depinde de înălțimea apei din lac și de debitul apelor subterane. În măsura în care crește nivelul apei în lac crește și lățimea zonei de infiltrație, cu cît debitul apelor subterane este mai mare, cu atît debitul filtrației este mai mic.

Lățimea zonei de infiltrație B (fig. 179) se determină cu formula:

$$B=L\alpha,$$

în care:

L este distanța pe orizontală între verticalele coborîte din punctul de contact al apei din rîu cu versantul și punctul de intersecție al nivelului hidrostatic inițial cu nivelul hidrostatic după barare (fig. 180);

α — coeficient care se determină cu graficul din figura 181, în funcție de alt coeficient D, care se stabilește cu formula:

$$D=\frac{2L}{L_1}-1,$$

unde L_1 este distanța pe orizontală între verticalele coborîte din punctul de contact al apei rîului cu versantul și punctul de intersecție al nivelului hidrostatic al apei din rîu cu prelungirea nivelului apei din lacul rezervor.

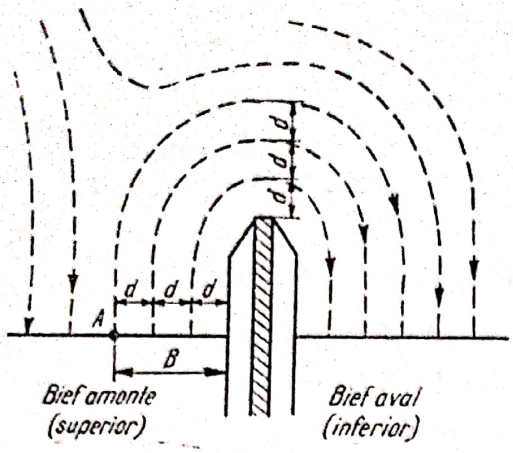


Fig. 179. Infiltrații laterale.

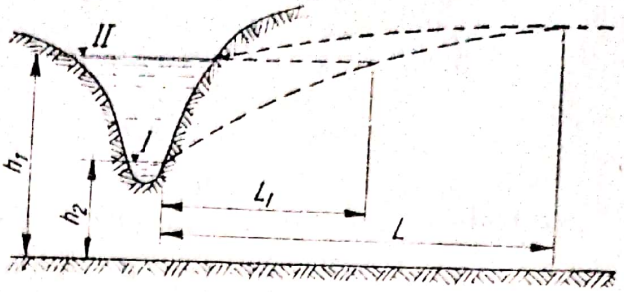


Fig. 180. Poziția nivelului hidrostatic după barareа văii.

Pentru cazul cînd versanții văilor sînt verticali, iar stratul impermeabil din adîncime este orizontal, debitul apei care se filtrează pe la aripile barajelor se determină cu formula :

$$Q=\frac{k}{2}(h_1^2-h_2^2)\left[C-\alpha\left(\frac{L}{L_1}-0{,}5\right)\right],$$

în care :

h_1 este distanța dintre nivelul apei din lacul rezervor și stratul impermeabil, în m ;
h_2 — distanța dintre nivelul apei din rîu și stratul impermeabil ;
C — coeficient care se determină cu ajutorul graficului din figura 182, în funcție de raportul B/S ;
S — adîncimea pe care barajul pătrunde în maluri.

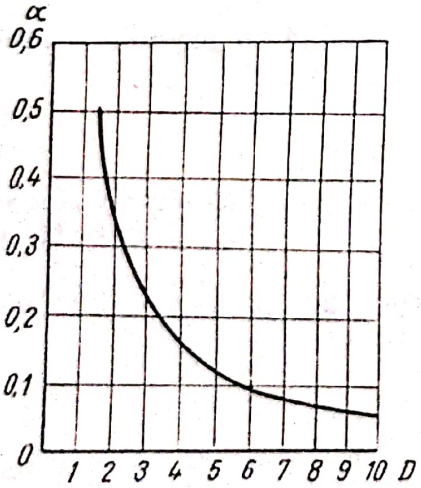


Fig. 181. Grafic pentru determinarea coeficientului α.

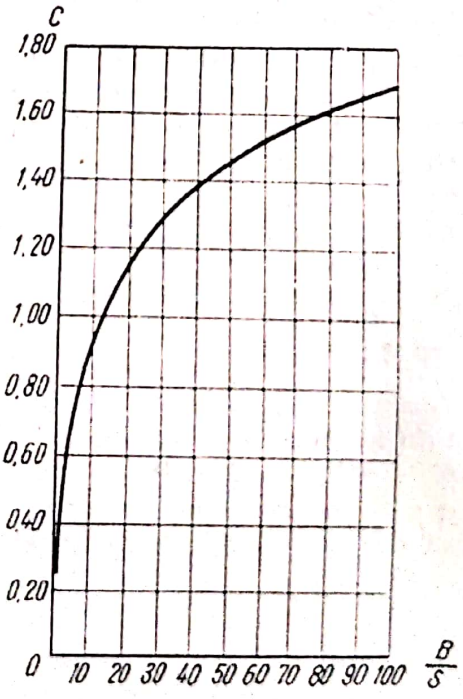


Fig. 182. Graficul pentru determinarea coeficientului C.

Scanned with OKEN Scanner

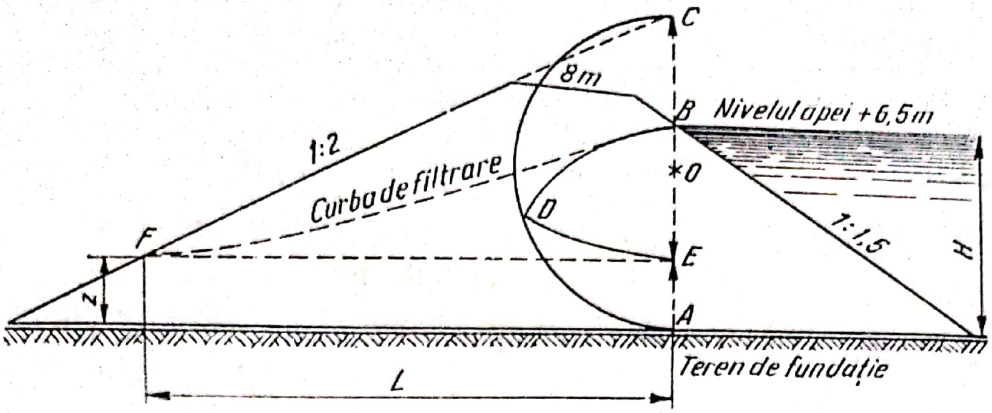


Fig. 183. Determinarea curbei de infiltrație la barajele de pămînt.

Pentru cazurile în care stratele sînt înclinate, formula de mai sus dă rezultate eronate.

Infiltrații prin corpul barajelor. Infiltrațiile de apă prin corpul barajelor au loc numai în cazul barajelor de pămînt, care se construiesc frecvent în legătură cu irigațiile.

In ceea ce privește infiltrațiile prin barajele de pămînt, se pune problema determinării punctului unde vor apărea infiltrațiile și a debitului acestora.

Pentru determinarea curbei de infiltrație se procedează în felul următor (fig. 183) :

Se prelungește taluzul din aval pînă la intersecția C cu verticala ridicată din punctul de contact al apei cu taluzul din amonte B. Dreapta AC se ia ca diametru și din mijlocul ei se trasează o jumătate de cerc cu centrul în O. Apoi se ia punctul A ca centru și se trasează arcul de cerc BD, iar din punctul C ca centru se trasează arcul de cerc DE. Din punctul E se duce orizontala EF ; F se consideră punctul de apariție al apelor infiltrate prin corpul barajului. Curba infiltrațiilor are panta 1/6—1/7. Ținînd seama de acest fapt, forma și panta taluzului din aval trebuie să fie alese în așa fel, încît zona de infiltrație să cadă sub baza barajului.

Debitul apei infiltrate prin corpul barajului se poate determina cu aproximație după formula :

$$Q = kB\frac{H^2}{2L_1}$$

în care :

H este adîncimea apei lîngă baraj, în m ;
B — lungimea barajului, în m ;
k — coeficientul de permeabilitate a pămîntului, în m/s ;
L_1 — L_0—0,5 Hm ;
L_0 — lățimea bazei barajului, în m ;
m — coeficient care depinde de curba liniilor de curent.

4) **Influența infiltrațiilor asupra stabilității barajelor.** In afară de pierderile de apă din lacul de acumulare, infiltrațiile prin terenul de fundație constituie un factor care influențează defavorabil stabilitatea construcțiilor.

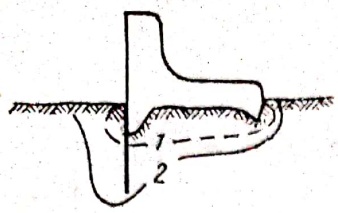


Fig. 184. Lungirea traseului infiltrațiilor:
1—înainte de lungire; *2*—după lungire.

Curgerea apei prin porii rocilor produce o forță de frecare între apă și teren. In condiții diferite, curgerea apei prin roci are influență diferită asupra acestora. Astfel, dacă gradientul hidraulic este pozitiv, adică, dacă apa curge de sus în jos, forța de frecare este dirijată în jos și produce o îndesare a terenului. In felul acesta, rezistența rocilor împotriva cedării laterale se mărește simțitor.

Dacă gradientul hidraulic este negativ, adică dacă forța de frecare este dirijată de jos în sus și depășește greutatea materialului sub apă, materialul de sub baraje va fi antrenat de curentul de apă și stabilitatea terenului de fundație, deci și stabilitatea barajelor se micșorează.

Fenomenul poartă numele de sufoziune mecanică și începe mai întîi cu antrenarea particulelor fine, care face să crească volumul porilor și deci permeabilitatea rocilor și viteza de filtrare a apei. Cu timpul, datorită creșterii continue a vitezei de filtrare a apei pot fi antrenate și particule mari, și chiar materialul de cimentare, ducînd la pierderea stabilității terenului.

Dacă infiltrațiile se produc în roci calcaroase, sufoziunea mecanică are ca efect antrenarea materialului argilos, care umple fisurile și activează fenomenele carstice.

Fenomenul de sufoziune mecanică se întîlnește la săpăturile efectuate sub nivelul apelor subterane și în cazul barajelor.

5) **Prevenirea infiltrațiilor.** Prevenirea, combaterea sau reducerea infiltrațiilor se realizează prin lungirea drumului pe care trebuie să-l parcurgă apa din bieful amonte în bieful aval. Operația constă în lungirea coturilor subterane ale barajelor (fig. 184), construirea de palplanșe, precum și impermeabilizarea terenului (fig. 185).

Impermeabilizarea terenului este măsura cea mai eficace. In acest scop se pot aplica diferite metode, în funcție de caracteristicile terenului.

Pentru impermeabilizarea terenurilor omogene, cum sînt rocile nisipoase, pietrișurile și unele roci cu fisuri fine, se aplică metodele chimice. Acestea constau din injectarea de soluții de silicați de Na și clorură de Ca, obținîndu-se rezultate foarte bune. Terenul se impermeabilizează și se consolidează în același timp. Aceste lucrări sînt însă prea costisitoare.

Pentru terenurile permeabile în mic și cu fisuri se folosește cimentarea și argilizarea.

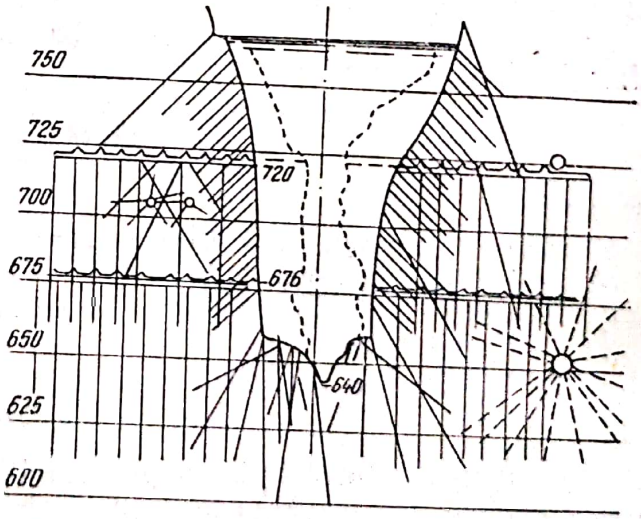


Fig. 185. Impermeabilizarea prin cimentare.

6) **Elementele unui baraj. Tipuri de baraje.**

a) *Elementele morfologice ale unui baraj.* La un baraj se deosebesc următoarele elemente morfologice (fig. 186) : corpul barajului, paramentul din amonte, paramentul din aval, creasta sau coronamentul, talpa barajului, piciorul de amonte, piciorul de val și axa barajului.

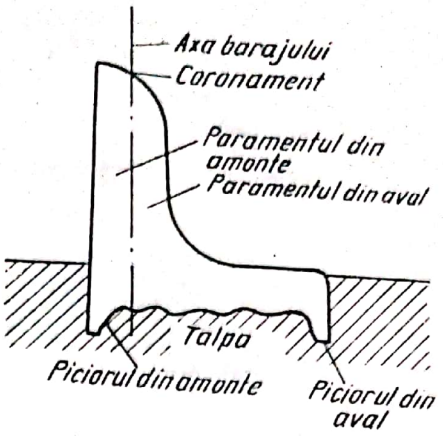


Fig. 186. Elementele unui baraj.

b) *Tipuri de baraje.* Există numeroase tipuri și clasificări de baraje. Cele mai des întîlnite sînt :

După utilizare :

— Baraje de reținere sau baraje rezervoare. Acestea servesc pentru formarea bazinelor de reținere în care se adună apa, pentru folosirea ei în diferite scopuri, ca : alimentări cu apă potabilă, irigații etc.

Barajele de reținere se mai folosesc și pentru regularizarea cursurilor riurilor.

— Baraje de derivație. Servesc la ridicarea apei din rîu în limitele albiei lor și la distribuirea apei în raport cu cerințele, exemplu : baraje hidroelectrice.

După modul de evacuare a surplusului de apă :

— Baraje insubmersibile, care nu permit trecerea apei peste creasta lor : baraje de pămînt.

— Baraje submersibile, care permit trecerea apei peste creastă : baraje deversoare.

— Baraje cu vane (baraje mixte), la care apa poate trece printr-o serie de orificii închise cu ajutorul vanelor.

După factorii tehnici și economici :

— *Baraje de pămînt* (fig. 187). Barajele de pămînt se construiesc adesea din materialele existente în apropierea șantierelor. După felul materialului și modul de executare, barajele de pămînt pot fi : omogene, neomogene, cu ecran de etanșare și cu sîmbure vertical.

Barajele omogene se construiesc din pămînturi argiloase, în care proporția de argilă față de nisip este de 1 : 1—1 : 2. Argila curată nu este recomandată a fi folosită, deoarece în contact cu apa se înmoaie și alunecă, pe timp de secetă se usucă și crapă, iar iarna prin îngheț se umflă. Folosirea unei cantități de nisip mai mare de 60% nu este indicată, deoarece nisipul dă posibilitatea apei să se infiltreze prin corpul barajului.

In general, pentru construirea barajelor de pămînt se ține seama ca materialul folosit să nu aibă reziduuri organice sau săruri solubile.

Barajele neomogene sînt alcătuite din pămînt nisipos în partea din amonte, nisip sau pietriș în rest.

Barajele cu ecran. Pentru oprirea scurgerilor prin corpul barajelor, taluzele din amonte se căptușesc cu un ecran protector, care poate să fie din argilă sau din beton.

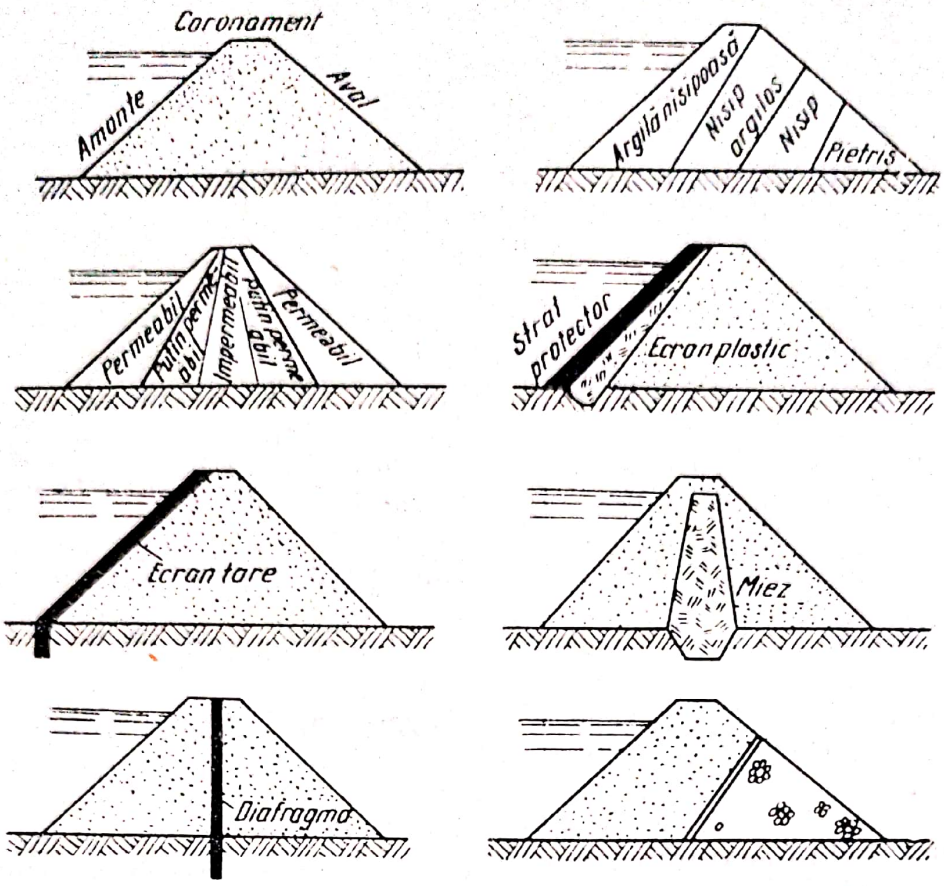


Fig. 187. Baraje de pămînt:
(din N. N. Mihăilescu).

Baraje cu simbure vertical. In unele cazuri, materialul impermeabil se așază în interiorul barajelor, și anume chiar în axa acestora. Sîmburele poate să fie plastic, din argile, sau rigid, din piatră cimentată sau beton.

Alegerea tipului de baraj depinde de condițiile geologice, hidrogeologice și de posibilitatea de execuție.

La construirea barajelor de pămînt trebuie ca terenul de fundație să nu aibă intercalații mîloase, argiloase roci care se dizolvă ușor și să reziste la alunecări.

In afară de aceasta, construcțiile trebuie făcute în așa fel, încît surplusul de apă la viituri mari să nu treacă niciodată peste coronament. Infiltrațiile de apă prin corpul barajelor trebuie să aibă viteză mică, spre a nu antrena particulele de pămînt, iar taluzele barajelor să fie stabile și apărate de spălări.

— Baraje din anrocamente (fig. 188). Barajele din anrocamente sînt baraje construite din piatră. Ele au taluzul din amonte protejat de un ecran de beton, peste care se toarnă un strat de asfalt pentru etanșare.

Condițiile de amplasare a barajelor din anrocamente se aseamănă cu cele de la barajele de pămînt, însă trebuie să se țină seama de faptul că barajele din anrocamente dau tasări mari și neregulate.

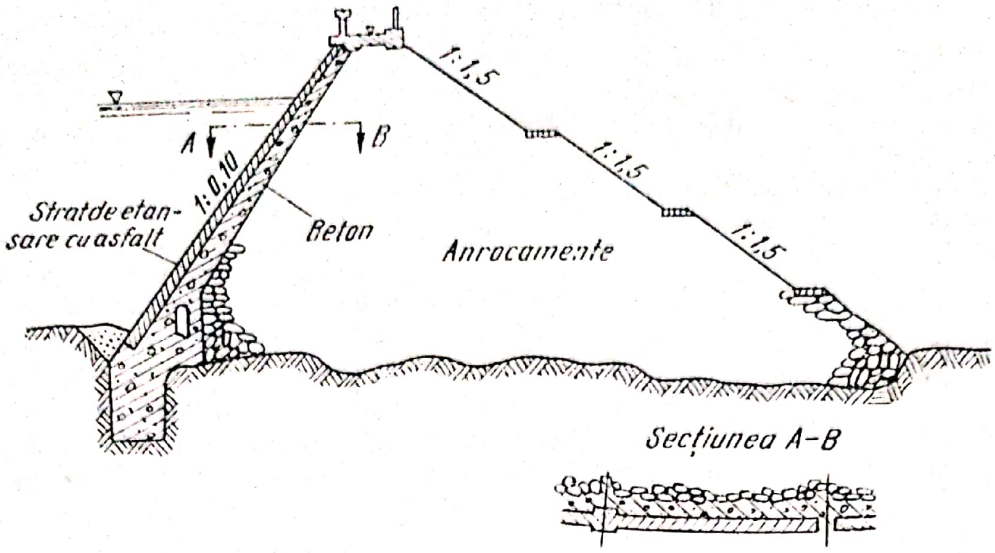


Fig. 188. Baraje din anrocamente:
(din N. N. Mihăilescu).

— Baraje de greutate (fig. 189). Sînt în întregime alcătuite din beton și au în față un strat de etanșare.

Dată fiind greutatea mare a barajelor de acest tip, ele nu se construiesc decît pe roci cu capacitate portantă mare, de exemplu: barajul de la Bicaz.

— Baraje în arc (fig. 190). Sînt baraje din beton cu forma de arc. Ele se construiesc în general pe văile înguste și adînci, constituite din roci foarte rezistente și perfect impermeabile.

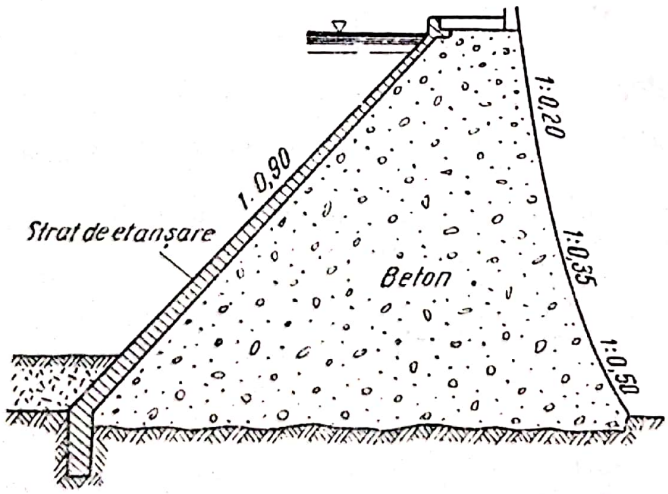


Fig. 189. Baraj de greutate:
(din N. N. Mihăilescu).

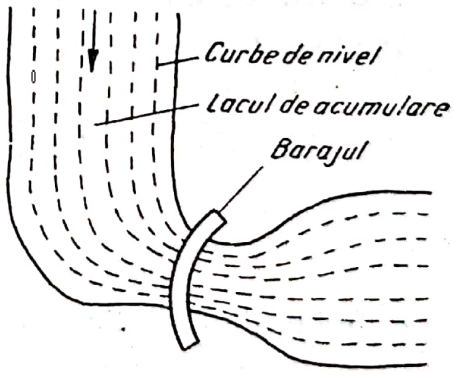


Fig. 190. Baraj în arc.

c. Cercetări tehnico-geologice pentru lucrări anexe

În cadrul lucrărilor anexe se cuprind aducțiile de apă și clădirea hidrocentralei.

Pentru executarea aducțiilor sînt necesare studii tehnico-geologice care au drept scop :

— alegerea traseului canalului sau a tunelului de aducție ;

— stabilirea condițiilor geologice ale regiunii traseului în vederea fixării tipului de aducție, canal sau tunel ;

— stabilirea metodelor de lucru pentru executarea construcțiilor.

Cercetările tehnico-geologice se execută pentru mai multe variante și au ca obiectiv :

— condițiile geomorfologice, adică morfologia și caracterul reliefului versanților văilor, lățimea, întinderea și panta teraselor ;

— fenomenele fizico-geologice, adică deplasări de teren, zone carstice, conuri de dejecție, lavine etc., pentru determinarea stabilității terenului ;

— proprietățile fizice și mecanice ale rocilor, în vederea stabilirii procedeelor de executare a lucrărilor ;

— condițiile hidrogeologice, care determină procedeele de executare a lucrărilor, măsurile de prevenire a deplasărilor de teren, fenomene de sufoziune etc.

Pentru construcțiile în care se instalează turbinele sînt de asemenea necesare cercetări tehnico-geologice detaliate. Acestea au ca obiectiv morfologia terenului, fenomenele fizico-geologice, rezistența terenului de fundație și condițiile hidrogeologice în care se execută lucrările.

B. CANALE

1. CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU CANALE

Cercetările tehnico-geologice pentru canale sînt legate de stabilirea traseului acestora, studiul infiltrațiilor de apă din canale în rocile înconjurătoare și stabilitatea taluzelor canalelor.

a. Stabilirea traseului canalelor

Alegerea traseului unui canal se face în funcție de mai mulți factori, și anume :

— condițiile geologice ale regiunii, de care depind în primul rînd infiltrațiile de apă și măsurile de combatere a acestora ;

— volumul lucrărilor de excavare, diguri etc. ;

— rolul canalului în alimentarea irigațiilor. Canalul trebuie să asigure irigarea unor suprafețe de teren cît mai mari prin curgere naturală.

b. Infiltrația apei din canale

La construirea canalelor, de-a lungul traseului acestora se întîlnesc de obicei roci mai mult sau mai puțin permeabile, foarte rar întîlnindu-se cazul cînd canalele străbat roci perfect impermeabile. Din această cauză se

Scanned with OKEN Scanner

produc infiltraţii de apă din canale în rocile înconjurătoare. Aceste pierderi sînt uneori aşa de mari, încît problema infiltraţiilor constituie problema cea mai importantă în cercetările tehnico-geologice pentru canale.

Pierderile de apă prin infiltraţii se produc pe fundul şi taluzele canalelor şi mărimea lor depinde de următorii factori :

— coeficientul de infiltraţie al rocilor, care constituie fundul şi taluzele canalelor ;

— adîncimea la care se găseşte nivelul apelor subterane ; cu cît nivelul apelor subterane este mai adînc, cu atît debitul infiltraţiilor este mai mare ;

— forma secţiunii canalelor ;

— distanţa la care se găsesc canalele faţă de regiunea vecină spre care se pot infiltra apele din canal.

Calculul infiltraţiilor. In cazul cînd canalele sînt săpate departe de rîuri, cumpăna apelor sau terase, calculul infiltraţiilor se face ţinînd seama şi de grosimea stratelor permeabile.

— Dacă canalele sînt săpate în roci permeabile de grosime mare, debitul infiltraţiilor Q se stabileşte cu ajutorul formulei :

$$Q = k_i(B + h_c C),$$

în care :

k_i este coeficientul de infiltraţie al rocilor ;
B — lăţimea canalului la nivelul apei, în m ;
h_c — adîncimea apei din canal, în m ;
C — coeficient care se determină în funcţie de raportul B/h_c şi coeficientul înclinării taluzelor m, după graficul din figura 191 în cazul loessurilor, şi raporturile B/h_c şi h/h_c din figura 192 pentru roci puternic permeabile (pietrişuri) ;
h — adîncimea la care se găseşte stratul permeabil.

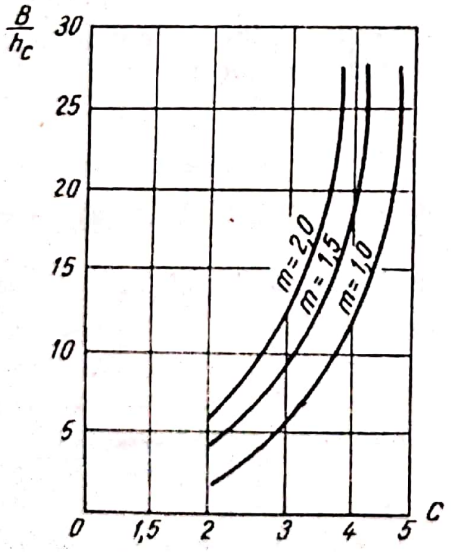


Fig. 191. Graficul pentru determinarea coeficientului C.
(din N. N. Mihăilescu).

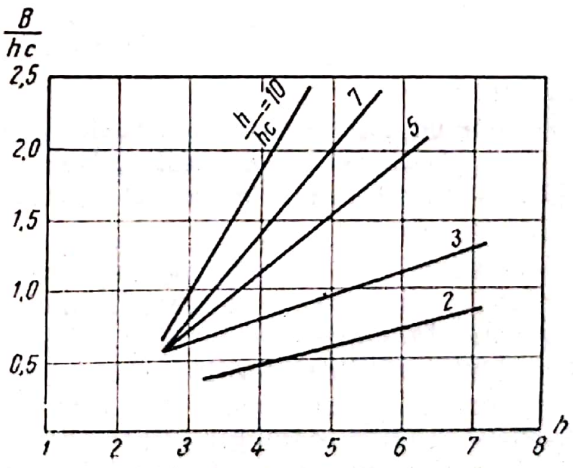


Fig. 192. Graficul pentru determinarea coeficientului C.

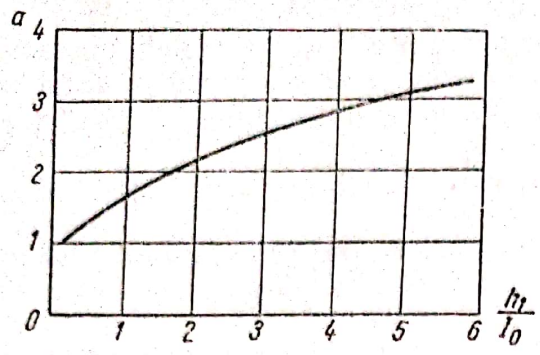


Fig. 193. Graficul pentru determinarea coeficientului α.

— Dacă canalele sînt săpate în roci, care au la mică adîncime un strat impermeabil, infiltrațiile sînt mai mici, deoarece la scurt timp după introducerea apei pe canal se produce contactul între apele de infiltrație și cele subterane, fenomen care are ca urmare micșorarea gradientului de presiune și a debitului filtrat. Pînă la stabilirea contactului dintre apele infiltrate și cele subterane, debitul infiltrat este mai mare.

Debitul filtrat Q pînă la stabilirea contactului între apele infiltrate și cele subterane se determină cu ajutorul formulei :

$$Q=\frac{V_1}{T_1}=\frac{\mu B(I_0-h_c)}{\frac{\mu}{k}\left[I_0-h_c\left(1+\frac{I_0}{h_c}\right)\right]}$$

în care :

V_1 este cantitatea de apă care se pierde din canal pe unitatea de lungime a acestuia în timpul T_1 ;

T_1 — timpul care se scurge din momentul umplerii canalului pînă la stabilirea contactului între apele infiltrate și cele subterane ;

μ — cantitatea de apă necesară pentru saturarea rocilor ;

B — suprafața de infiltrație a apei, în m ;

I_0 — diferența de nivel dintre apele din canal și cele subterane, în m ;

h_c — adîncimea apei din canal, în m ;

k_i — coeficientul de infiltrație, în m/s.

Cantitatea de apă scursă în unitatea de timp după stabilirea contactului între apele infiltrate și cele subterane se calculează cu formula :

$$Q=\frac{2}{3}\alpha h_c\sqrt{\frac{2k_i\mu I_0}{T_2}},$$

în care :

α este un coeficient care se stabilește în funcție de raportul h_1/I_0 (fig. 193), unde h_1 = grosimea stratului acvifer ;

T_2 — timpul scurs din momentul stabilirii contactului între apele infiltrate și cele subterane.

In cazul cînd canalele se sapă pe versanții văilor sau pe terase, la mică distanță de albia rîurilor (fig. 194), în calculul infiltrațiilor trebuie să se țină seama de acțiunea drenantă a acestora. Pentru calculul infiltrațiilor în această situație se folosește formula :

$$Q=k_i(b-gN),$$

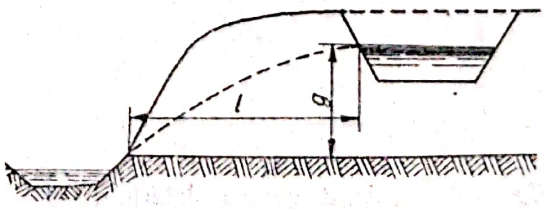


Fig. 194. Drenarea apei din canale.

în care :

k_i este coeficientul de infiltrație, în m/s ;
b — lățimea canalului la nivelul apei, în m ;
g — grosimea stratului permeabil cuprins între nivelul apei din canal și cota punctului de drenare.
N — coeficientul care se determină în funcție de raporturile $\frac{b}{g}$ și $\frac{g}{l}$ fig. 195) ;
l — distanța pe orizontală, măsurată de la nivelul apei din canal pînă la punctul de drenare.

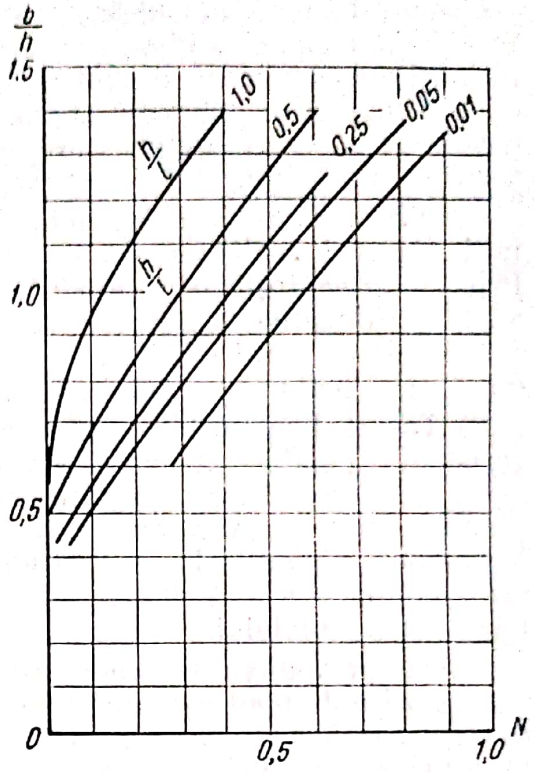


Fig. 195. Graficul pentru determinarea coeficientului *N*.

Pentru obținerea unor date cît mai apropiate de realitate se fac adesea observații asupra pierderilor de apă în tranșee experimentale. În acest scop se sapă tranșee de dimensiuni egale cu ale viitorului canal, cărora li se betonează pereții frontali, pentru ca infiltrațiile să se producă numai pe pereți și fundul tranșeelor. Se umplu tranșeele cu apă și se constată cantitatea de apă pierdută prin infiltrații, exprimată prin variația nivelului apei din tranșee. Dacă experiențele se fac într-o regiune aridă, se iau în considerare și pierderile prin evaporare, măsurate cu ajutorul evaporimetrelor plutitoare.

Pentru prevenirea scurgerii apei din canale se iau măsuri de impermeabilizare a rocilor. Metodele folosite în acest scop se aleg în funcție de natura rocilor și condițiile hidrogeologice ale regiunii.

c. Stabilitatea taluzelor canalelor

1) **Secțiunea canalelor.** Alegerea secțiunii transversale a canalelor depinde de condițiile tehnico-geologice întîlnite de-a lungul traseului. Secțiunea cea mai indicată este aceea care are taluzele cît mai apropiate de verticală. Din cauza condițiilor tehnico-geologice, de multe ori nefavorabile, secțiunea canalelor se alege de obicei trapezoidală, cu taluzele mai mult sau mai puțin abrupte.

Alegerea pantei taluzelor se face în funcție de caracterul rocilor și condițiile hidrogeologice, în așa fel ca stabilitatea taluzelor să fie asigurată, iar volumul săpăturilor să fie minim.

2) **Deplasări de teren.** Taluzele și fundul canalelor adînci săpate în terenuri necoezive sau pseudocoezive sînt adeseori afectate de deplasări de teren. Un exemplu în această privință îl constituie canalul Panama, în regiunea Culebra.

Scanned with OKEN Scanner

Canalul Panama la Culebra este săpat de-a lungul unui sinclinal, alcătuit în ax din nisipuri argiloase microgranulare. In timpul săpării canalului, nisipurile au alunecat în debleul acestuia, antrenînd toate sedimentele sinclinalului. Pentru obținerea stabilității relative a taluzelor canalului a fost nevoie de săpături suplimentare, care au modificat simțitor profilul transversal al canalului.

Greutăți serioase sînt întîmpinate la săparea canalelor pe versanții alcătuiți din roci argiloase, cu înclinarea stratelor spre interiorul canalelor. Prin umezirea argilelor se produc alunecări de teren, care fac aproape imposibilă continuarea săpăturilor pe terenul ales.

Taluzele cele mai stabile se întîlnesc la canalele săpate în roci stîncoase, eruptive și sedimentare, nefisurate.

3) **Tasări.** Loessurile și terenurile loessoide în stare uscată sînt foarte rezistente și stabile, chiar în săpături cu pereții verticali. Indată ce se umezesc, loessurile și terenurile loessoide își pierd proprietățile, se afînează și alunecă chiar pe pante mici.

Canalele săpate în loessuri și terenuri loessoide se deformează prin lăsarea fundului și a malurilor în formă de trepte, de-a lungul unor fisuri paralele cu axa canalului.

Pentru prevenirea tasărilor care se produc la canalele săpate în roci macroporice de tipul loessurilor, cercetătorii au propus ca săparea canalelor să nu se facă pînă la adîncimea proiectată, ci mai puțin. După efectuarea săpăturilor, loessurile se udă cu apă pentru producerea tasării. In felul acesta, prin tasarea terenului fundul canalelor ajunge la adîncimea proiectată și poate fi căptușit fără grija producerii unor noi tasări prin infiltrația apei din canale.

4) **Condițiile hidrogeologice** ale regiunii influențează și ele stabilitatea canalelor, îndeosebi cînd acestea întretaie orizonturi acvifere.

Apele subterane sub presiune, atunci cînd sînt deschise curg spre excavație cu o presiune hidrodinamică, care depinde de gradientul hidraulic și antrenează particulele fine de pămînt, ducînd la afînarea terenurilor și surparea taluzelor.

Pentru eliminarea antrenării hidrodinamice a materialelor în timpul săpării canalelor este necesar ca presiunea hidrodinamică să fie atenuată. Acest lucru se poate realiza prin două metode :

a) Prin crearea unei contrapresiuni din partea săpăturilor. Apele care pătrund în canale nu sînt evacuate, ci rămîn în deblee, pentru a opune rezistență ieșirii apelor subterane. Această rezistență depinde de înălțimea coloanei de apă situată deasupra stratelor acvifere. Săpăturile se continuă cu ajutorul dragelor.

b) Prin coborîrea nivelului apelor subterane mai jos de fundul canalelor. Operația constă în executarea unor puțuri sau sonde pe malurile viitoarelor canale. Acestea se amplasează în funcție de permeabilitatea rocilor, în așa fel încît conurile de depresiune rezultate prin pomparea apei cu ajutorul unor pompe speciale să se întretaie și să creeze o depresiune comună, suficient de mare pentru ca să se poată lucra la excavarea canalelor ca pe uscat, cu mijloace obișnuite.

Scanned with OKEN Scanner

Această metodă a fost utilizată cu succes în Uniunea Sovietică la săparea canalului Moscova—Volga, precum și la alte canale hidrotehnice.

d. Anexele canalelor

Construirea de canale nu se limitează numai la săparea excavației propriu-zise a canalelor, ci cuprinde și o serie de construcții anexe, printre care cele mai importante sînt ecluzele și apeductele.

1) **Ecluzele** sînt construcții de beton armat, executate în zona canalelor cu diferențe mari de nivel. Ecluzele servesc la coborîrea vaselor din porțiunea canalelor cu nivel de apă mai înalt, în porțiunea cu nivel jos, și invers.

Fiind construcții grele, ecluzele dau tasări mari, uneori neuniforme, care pot duce la scoaterea din funcțiune a instalațiilor. Din această cauză, executarea ecluzelor se face în urma unor cercetări tehnico-geologice amănunțite, care au ca obiectiv compresibilitatea, rezistența la forfecare și permeabilitatea rocilor din zona ecluzelor. Cercetările se execută în deschideri naturale, puțuri și foraje, suficiente ca număr pentru lămurirea deplină a condițiilor tehnico-geologice în care se execută ecluzele.

Ecluzele se construiesc de obicei mai jos decît nivelul apelor subterane. Pentru construirea lor este necesară coborîrea nivelului apelor, iar pereții excavațiilor se căptușesc cu beton simplu, în cazul rocilor stîncoase; în cazul rocilor afînate, pereții se construiesc din beton armat și se unesc printr-un radier, pentru prevenirea aplecării acestora spre interiorul camerelor, din cauza tasărilor neuniforme și a presiunilor laterale.

2) **Apeductele** se construiesc la intersecția traseului canalelor de irigație sau de derivație cu văile. Mai rar se construiesc apeducte pentru navigație.

Pentru alegerea locului unde vor fi amplasate apeductele, se fac cercetări tehnico-geologice, similare cu acelea efectuate pentru amplasarea podurilor, cu deosebirea că apeductele fiind construcții grele, amplasarea lor se face cu deosebită atenție.

C. PORTURI

Porturile sînt construcții inginerești foarte complexe, amplasate în zone unde procesele geologice sînt determinate de acțiunea combinată a litosferei și hidrosferei. Această situație face ca alegerea locului unde se vor construi porturi să se facă cu multă atenție, și numai în urma unor cercetări tehnico-geologice minuțioase.

Elementele principale ale porturilor sînt digurile, spărgătoarele de valuri, cheiurile și docurile.

1) **Digurile și spărgătoarele de valuri** sînt construcții menite să bareze calea aluviunilor transportate de curenți de-a lungul țărmului și să apere apele porturilor de acțiunea valurilor.

Digurile se construiesc pornind de la țărm, iar spărgătoarele de valuri se plasează departe de țărm. Și unele și altele pot avea lungimi mari și se construiesc fără fundații speciale. Blocuri de piatră, monoliți de beton, formați din camere de beton armat umplute cu beton simplu, sînt puse unele peste altele. Din această cauză, sub presiunea hidrodinamică a valu-

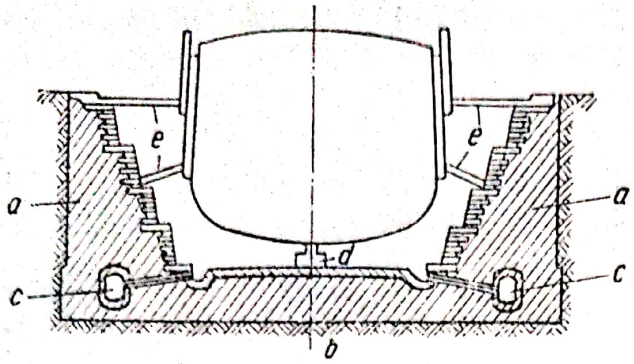


Fig. 196. Schema unui doc.

rilor și sub greutatea proprie materialele se pot deplasa, ceea ce duce cu timpul la deteriorarea construcțiilor. Pentru prevenirea acestor fenomene este necesar ca terenul de fundație să fie cercetat bine. Mijloacele cele mai potrivite sînt forajele, care se execută de pe vase ancorate sau de pe pontoane. Din foraje se iau probe pentru determinarea compresibilității și a unghiului de frecare interioară a rocilor, pentru determinarea conținutului în apă, precum și greutatea specifică și greutatea volumetrică a rocilor. Pe baza acestor studii se poate aprecia stabilitatea construcțiilor.

In ultima vreme, pentru cercetarea structurii fundului mărilor se folosesc cu succes prospecțiunile geofizice, cu ajutorul cărora se poate determina cu precizie suprafața stîncoasă și grosimea depunerilor recente.

2) **Cheiurile** sînt construcții care se execută de-a lungul țărmurilor. Ele servesc pentru crearea unei adîncimi suficiente necesară acostării vaselor și pentru susținerea terenului de umplutură.

Pentru amplasarea cheiurilor sînt necesare cercetări tehnico-geologice, prin care se determină proprietățile fizico-mecanice ale rocilor ce alcătuiesc țărmul, prezența fenomenelor de eroziune sau de depunere și nivelul apelor subterane.

O problemă importantă este și determinarea compoziției chimice a apei de mare. Se știe că apa încărcată cu CO_2, O, Mg și ioni de SO_4 distrug cu timpul cimentul și îl transformă într-o masă pîsloasă-grezoasă, rezultată prin înlocuirea CO_3Ca cu SO_4Ca și SO_4Mg. Pentru prevenirea distrugerii cimentului se iau măsuri de protejare a cheiurilor, sau se adaugă cimentului materiale care măresc stabilitatea chimică a cimentului.

3) **Docurile,** sînt construcții speciale de zidărie, beton simplu sau beton armat, cu ajutorul cărora navele pot rămîne ca pe uscat, pentru reparații sau întreținerea carenei. Docurile au forma de bazine (fig. 196) îngropate, cu fundul (radierul) orizontal și pereții laterali (bajoaiere) în trepte și se pot închide prin ecluze la unul sau la amîndouă capetele.

Docurile se amplasează la adăpost de valuri și curenți, pentru ca manevrarea vaselor să se facă în siguranță, cu ușurință și oameni puțini.

Săparea gropilor de fundație pentru docuri întîmpină mari greutăți. Zona litoralului, fiind alcătuită de obicei din terenuri friabile saturate cu apă, impune în mod categoric cercetări tehnico-geologice detaliate. Acestea se îndreaptă asupra caracterelor rocilor și asupra relațiilor care există între apele subterane și apa mărilor sau fluviilor, care exercită presiuni puternice asupra gropilor de fundație.

Amplasarea clădirilor pe uscat în zona portului întîmpină de asemenea dificultăți serioase. După cum se știe, formațiunile geologice din porturi sînt alcătuite din aluviuni sau depozite marine recente, puternic îmbibate cu apă. Capacitatea lor portantă fiind foarte mică, executarea construcțiilor pe asemenea terenuri necesită cercetări tehnico-geologice minuțioase.

Scanned with OKEN Scanner

MATERIALE DE CONSTRUCȚIE

Rocile au multiple întrebuințări în construcții. Unele, cum sînt rocile eruptive (granite, sienite, gabrouri, bazalte etc.), rocile metamorfice (marmure, amfibolite etc.), rocile sedimentare (calcare, travertine etc.) sînt utilizate ca pietre naturale pentru construcții, sub formă de blocuri de diferite forme și dimensiuni pentru zidărie, decorații interioare, balast pentru căile de comunicație etc., fără să sufere vreo transformare. Altele, ca de exemplu calcarul sau gipsul etc. sînt folosite și ca materii prime industriale pentru fabricarea unor materiale de construcție, și anume cimentul, varul și respectiv ipsosul.

A. ALEGEREA ROCILOR PENTRU CONSTRUCȚII

Din punctul de vedere al întrebuințării, pietrele naturale de construcție se împart în trei grupe :

— roci pentru construcții sub apă : cheiuri, canale, porturi, picioare pentru poduri ;

— roci pentru construcții subterane : fundații, tunele, galerii ;

— roci pentru construcții la suprafață : zidărie, placaje, ornamente, pavaje, acoperișuri.

In general, rocile folosite în construcții trebuie să fie nealterate și omogene în ceea ce privește compoziția mineralogică, structura și textura, compacte și lipsite de minerale, ușor alterabile și solubile, cum sînt : sulfurile, sulfații, carbonații și resturile organice.

a) Rocile folosite pentru construcții sub apă fiind supuse la presiuni mari și la fenomene repetate de îngheț și dezgheț trebuie să aibă rezistență mare la compresiune și impermeabilitate absolută. Cele mai indicate roci în acest sens sînt gabrourile, bazaltele, diabazele, amfibolitele și calcarele compacte.

b) Rocile folosite în construcții subterane, fiind supuse în general la presiuni mari și la acțiunea acizilor și a sărurilor, trebuie să fie în primul rînd compacte, rezistente la presiuni mari și să nu aibă minerale argiloase

sau care se dizolvă ușor. Cele mai indicate pentru construcții subterane sînt rocile eruptive și metamorfice compacte, precum și rocile sedimentare, gresiile și conglomeratele cuarțitice.

c) Rocile folosite în construcții de suprafață trebuie să răspundă anumitor calități, și anume :

— Rocile folosite în zidărie trebuie să aibă rezistență mare la intemperii, contra acțiunii chimice și mecanice a atmosferei, precum și contra înghețului și dezghețului. De asemenea, trebuie să fie impermeabile la vînt, izolante termice și acustice, și cu greutatea volumetrică mică. Cele mai indicate pentru aceste utilizări sînt rocile sedimentare, calcarele, gresiile dure și mai puțin rocile eruptive și metamorfice. Acestea din urmă au greutate specifică aparentă mare, din care cauză împiedică ventilația și precipită umezeala sau *transpiră*.

— Rocile folosite la placaje trebuie să fie roci masive, rezistente la gelivitate și capabile de a fi tăiate în plăci. Cele mai indicate sînt travertinele, deoarece se taie ușor, sînt rezistente la îngheț și se lustruiesc frumos.

— Rocile folosite pentru ornamentarea edificiilor trebuie să îndeplinească anumite condiții, în funcție de locul unde vor fi expuse.

— Rocile folosite în aer liber trebuie să fie masive, fără fisuri sau stratificație. De asemenea, trebuie să nu fie gelive și să se preteze la lustruire, în felul acesta împiedicîndu-se acțiunea agenților atmosferici, chimici și mecanici.

Rocile folosite în interior li se pun condiții mai puțin pretențioase. Culoarea și gradul de lustruire interesează în primul rînd.

— Rocile folosite pentru praguri de uși, pardoseli etc. trebuie să fie foarte rezistente la uzură, să se uzeze uniform și să nu se lustruiască. Rocile folosite ca îmbrăcăminte la scări trebuie să reziste la flexiune și încărcări, și uneori chiar la umezeală. Cele mai indicate în acest scop sînt calcarele cristaline microgranulare și rocile eruptive bazice, îndeosebi bazaltele.

— Rocile pentru pavaj trebuie să fie practic impermeabile și să reziste la șoc. Cele mai indicate roci pentru pavaj sînt rocile eruptive și îndeosebi granitele, andezitele și bazaltele. Dintre rocile sedimentare se folosesc rocile silicioase.

B. MATERII PRIME INDUSTRIALE PENTRU CONSTRUCȚII

Prin materii prime industriale pentru construcții se înțeleg rocile folosite în construcții după ce au suferit transformări mai mult sau mai puțin profunde. In grupa acestora sînt cuprinse calcarul pentru ciment și var, gipsul, argilele și izolatorii termici și acustici.

1. PIATRA DE VAR

Prin arderea acestuia în cuptoare se formează varul nestins și bioxidul de carbon după formula :

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2.$$

CaO tratat cu apă se transformă în hidrat de calciu $Ca(OH)_2$, substanță fină, de culoare albă, numită var stins :

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2.$$

Hidratul de calciu amestecat cu nisip fin dă mortarul de var, indispensabil în finisarea construcțiilor.

Prin expunere la aer, $Ca(OH)_2$ pierde H_2O și absoarbe CO_2, reconstituindu-se $CaCO_3$ după relația :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O.$$

$Ca(OH)_2$ amestecat cu H_2O dă un lichid alb și dens numit lapte de var, întrebuințat în construcții pentru spoieli.

Varul obținut din calcare pure, fără impurități argiloase, mai poartă numele și de var gras, spre deosebire de cel obținut din calcare cu impurități argiloase care se numește var slab.

Varul hidraulic se obține prin arderea calcarelor cu un conținut de 90—98% $CaCO_3$ și 10—2% impurități argiloase, la o temperatură care nu depășește punctul de topire a componenților (temperatura cea mai indicată este 900°C).

Hidraulicitatea se datorește faptului că silicea din roci, după coacere, devine solubilă în apă și se combină cu calciul. Compușii hidraulizanți care se combină cu CaO sînt : SiO_2, Al_2O_3, F_2O_3. Aceștia se mai cunosc și sub numele de factori de hidraulicitate.

Prin stingere, varul hidraulic formează o pastă care se întărește foarte repede. Pe baza acestei proprietăți, varul hidraulic se folosește la prepararea mortarelor de zidărie și tencuieli în locuri umede și la fabricarea pietrelor artificiale.

Indicele hidraulic. Caracteristicile varului hidraulic se exprimă prin indicele hidraulic. Acesta reprezintă raportul dintre greutatea sumei factorilor hidraulici și greutatea sumei : CaO, MgO și a bazelor alcaline Na_2O, K_2O, dacă sînt prezente în rocă, adică :

$$I_{hid} = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}{CaO + MgO}.$$

Modulul hidraulic M_h este raportul dintre greutatea CaO și greutatea sumei oxizilor : $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$, adică

$$M_h = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}.$$

Trass-varul este un amestec de 20÷30% $Ca(OH)_2$, cu 70÷80% adaus hidraulic. Trass-varul are proprietatea de a se contracta foarte mult prin uscare și de a se întări încet. Din această cauză acest produs este întrebuințat la fabricarea mortarelor și a betoanelor, care vor sta în permanență la umezeală (fundații, diguri, baraje, canale etc.).

Scanned with OKEN Scanner

2. PIATRA PENTRU CIMENT

Cimentul este unul dintre cele mai importante produse ale industriei materialelor de construcție. Deoarece cimentul se întrebuințează în cantități mari în tot felul de construcții, cunoașterea materiei prime folosite la prepararea lui se impune cu necesitate.

Materia primă tipică pentru prepararea cimentului este reprezentată prin calcarele marnoase, alcătuite dintr-un amestec natural de carbonat de calciu în proporție de 60÷70% și argile. Cimentul obținut în felul acesta se numește ciment natural.

De obicei, în natură se găsesc foarte rar calcare marnoase, care să îndeplinească condițiile cerute pentru obținerea unor cimenturi de bună calitate. În această situație se procedează la formarea unui amestec artificial de calcare și argile, în proporții care să corespundă normelor de fabricare a cimentului.

În practică, amestecul natural sau artificial se arde în cuptoare rotative, pînă ce se atinge temperatura de 1 450°C.

Pe măsură ce temperatura crește, materia primă se descompune cu formarea de CaO, SiO_2, Al_2O_3 și Fe_2O_3. Acești oxizi reacționează între ei și dau în jurul temperaturii de 1 260°C silicatul bicalcic ($2CaO\ SiO_2$) și trialuminatul pentacalcic ($5CaO\ 3Al_2O_3$). Peste temperatura de 1 260°C, materialul începe să se topească (1 300°C) și iau naștere silicatul tricalcic ($3CaO\ SiO_2$), aluminatul tricalcic ($3CaO\ Al_2O_3$) și feroaluminatul tetracalcic ($4CaO\ Al_2O_3\ Fe_2O_3$). Fenomenul de topire a materiei prime poartă numele de klinkerizare, iar produsul obținut klinker. Prin măcinare, klinkerul se transformă într-un praf fin, cenușiu, cunoscut în comerț sub numele de ciment.

Compoziția chimică a cimentului se exprimă în procente de oxizi principali: CaO, Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3. Raportul dintre greutatea CaO și greutatea celorlalți trei oxizi: Al_2O_2, SiO_2, Fe_2O_3, poartă numele de modul hidraulic al cimentului M_h adică:

$$M_h = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}.$$

Raportul $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$ se numește *modul de siliciu* M_{Si} iar raportul $\frac{CaO}{SiO_2}$ se numește *modul de calciu*.

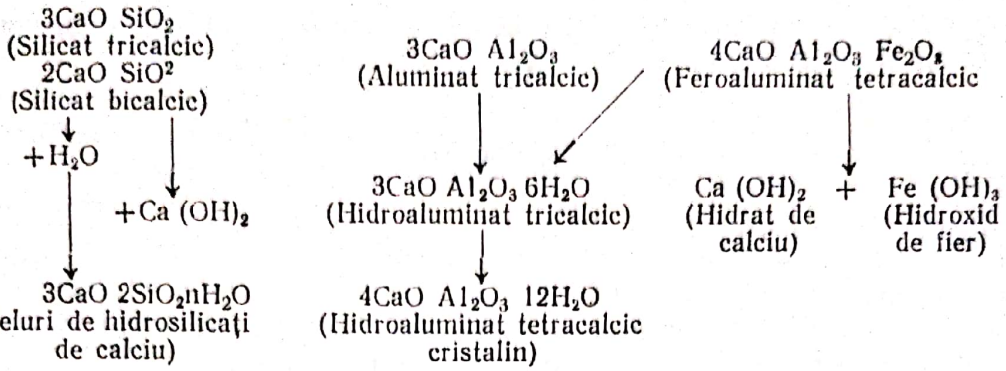
Intărirea cimentului. Prin ardere, materia primă inertă devine activă și are proprietatea de a fi un produs hidraulic.

Intărirea cimentului se datorește faptului că silicații și aluminații de calciu reacționează cu apa și dau compuși hidratați insolubili. Intîi se dizolvă aluminatul tricalcic și feroaluminatul tetracalcic. Aceștia dau soluții din care cristalizează hidroaluminatul tricalcic. Din feroaluminatul tetracalcic se mai formează și hidroxid de fier și hidroxid de calciu.

Silicații de calciu reacționează cu apa mai încet. O parte din CaO trece în $Ca(OH)_2$ sau dă $4CaO\ Al_2O_3\ 12H_2O$. Restul silicaților formează o masă gelatinoasă amorfă, în care apa este fin dispersată.

Scanned with OKEN Scanner

In cele ce urmează se dă schema hidratării componenților cimentului silicios :



Întărirea cimentului se face mai repede în primele 3—7 zile și continuă cu intensitate mai mică pînă la 28 zile. Trecerea cimentului din starea plastică în starea solidă se numește priză.

Tipuri de ciment. După natura materialelor care intră în alcătuirea cimentului se deosebesc mai multe tipuri de ciment :

Cimentul roman rezultă din măcinarea fină a marnelor calcaroase sau magneziene arse pînă la temperatura de vitrificare.

Cimentul roman are culoare gălbui-brună și se folosește la prepararea mortarelor pentru zidărie și tencuieli și pentru confecționarea pietrelor artificiale.

Cimentul Portland se obține prin măcinarea klinkerului rezultat prin arderea unui amestec de calcar și argilă. In locul argilei se poate întrebuința diatomitul sau zgura de furnal.

Cimentul Portland se întrebuințează pentru tot felul de construcții.

Cimentul aluminos se obține prin măcinarea produsului rezultat prin arderea unui amestec de calcar și bauxită, la care se adaugă trioxid de fier și bioxid de siliciu.

In contact cu apa, componenții activi ai prizei, aluminatul monocalcic ($CaO\,Al_2O_3$) se transformă în hidroaluminat bicalcic cristalin și hidroxid de aluminiu sub formă de gel.

$$2(CaO\,Al_2O_3) + 10H_2O \longrightarrow 2CaO\,Al_2O_3\,7H_2O + 2Al(OH)_3$$

Cimentul aluminos se întărește repede și cu degajare mare de căldură. Din această cauză, el poate fi întrebuințat cu succes în timpul iernii. Fiind rezistent față de acțiunea apelor încărcate cu ioni de SO_4, agresive, cimentul aluminos este întrebuințat în lucrări maritime și balneare.

Cimentul cu zgură metalurgică rezultă prin măcinarea klinkerului Portland împreună cu zgură metalurgică granulată.

Zgurele metalurgice sînt topituri de silicați și aluminați de calciu, rezultate prin combinarea oxizilor de siliciu, aluminiu, magneziu, cu calciu din calcarele întrebuințate în metalurgie ca fondant.

Cimentul cu zgură metalurgică rezistă bine la acțiunea apelor agresive.

Cimentul cu adausuri hidraulice se obține prin măcinarea unui amestec de klinker Portland cu trass, tripoli etc., în cantități de 25÷50% din greutatea amestecului.

Cimentul cu adausuri hidraulice se întrebuințează în construcțiile hidrotehnice, fiind rezistent la acțiunea apelor agresive.

Cimentul se folosește pe scară largă la confecționarea conglomeratelor artificiale numite betoane.

3. GIPSUL

Gipsul este sulfatul de calciu hidratat, $CaSO_4 2H_2O$. El se găsește în natură formînd mase compacte sau lamelate cu aspect zaharoid, de culoare albă sau cenușie.

Prin arderea gipsului la diferite temperaturi se obțin ipsosurile, substanțe care se întrebuințează foarte mult în construcții.

Ipsosul de construcții se obține prin arderea gipsului la temperaturi de 150°÷250°C. Gipsul se transformă în ipsos cu 1/2 moleculă de apă. Amestecat cu apă, ipsosul face priză rapidă.

Ipsosul de construcții se întrebuințează la confecționarea blocurilor pentru pereții de izolare, a blocurilor de planșee, precum și la tencuieli interioare.

Anhidritul se obține prin arderea gipsului la temperaturi cuprinse între 500° și 800°C. El se întrebuințează la fabricarea cimentului cu anhidrit.

Ipsosul de pardoseală se obține prin arderea gipsului la temperaturi peste 900°C. Ipsosul de pardoseală face priză foarte încet și se folosește la pardoselile interioare.

4. ARGILELE

Acestea sînt roci pseudocoerente, alcătuite preponderent din silicați de aluminiu hidratați. În general, aceste minerale argiloase sînt însoțite de impurități, cele mai frecvente fiind sericitul și cloritul, cărora li se adaugă materialul detritic, reprezentat prin cuarț și feldspat. Dimensiunile particulelor argiloase sînt mai mici de 0,002 mm diametru, mărime la care se plasează limita superioară a particulelor coloidale. Diametrul impurităților este în general mai mare de 2.

Analiza chimică a argilelor pure arată că acestea sînt alcătuite din:

SiO_2	46,72%
Al_2O_3	39,38%
H_2O	13,90%

De obicei, argilele au diferite impurități, care schimbă foarte mult compoziția chimică ideală. Astfel, de exemplu, compoziția chimică medie a argilelor după Clark arată:

SiO_2	58,10%	CaO	3,11%
Al_2O_3	15,40%	K_2O	3,24%
Fe_2O_3	4,02%	Na_2O	1,30%
FeO	2,45%	H_2O	5,00%
MgO	2,44%		

Proprietățile tehnice ale argilelor. Proprietățile tehnice ale argilelor variază în funcție de compoziția mineralogică și chimică a acestor roci. Principalele proprietăți tehnice ale argilelor sînt plasticitatea, întărirea, contractarea, porozitatea, fuzibilitatea și culoarea.

— *Plasticitatea* depinde de dimensiunile și structura lamelară a elementelor componente, conținutul în apă și de natura și proporția impurităților. În general, prezența cuarțului în granule de dimensiuni mari scade plasticitatea argilelor.

— *Întărirea.* Argilele au o mare cantitate de apă. Aceasta poate să fie apă de combinație, legată de componenții mineralogici ai argilelor și apă higroscopică. Pierderea apei se face prin încălzirea argilelor la temperaturi diferite. Astfel, de exemplu, apa higroscopică se elimină la 110°÷120°C, însă argilele nu-și pierd proprietatea de a o recăpăta și de a deveni plastice. Apa de constituție se pierde la temperaturi de 400°÷700°C. La această temperatură argilele se întăresc, devin poroase, mai mult sau mai puțin friabile, păstrîndu-și forma originară. Ridicînd temperatura peste 1 000°C, argilele devin puțin poroase, însă își păstrează forma originară.

— *Contractarea.* Prin ardere, toate argilele își micșorează mai mult sau mai puțin volumul. Acest fenomen are importanță practică deosebită pentru numeroase produse ceramice.

Contractarea depinde de compoziția mineralogică a argilelor, cantitatea de apă conținută și temperatura de ardere. Argilele grase, adică argilele bogate în minerale argiloase și sărace în granule de nisip, se contractă mai mult decît argilele slabe. Contractarea se face în felul următor : la început, contractarea este lentă, iar la 600°—800°C contractarea se face brusc și se menține astfel pînă la terminarea arderii.

— *Porozitatea* argilelor arse este dată de eliminarea apei higroscopice și de constituție, precum și gazele produse prin arderea substanțelor organice din argile. Porozitatea argilelor arse este în general redusă, datorită contracției argilelor în timpul arderii, mărimea ei fiind inversă cu fenomenul de contracție. Pentru obținerea unei porozități mari a argilelor arse se recomandă ca în pasta de argilă să se introducă substanțe combustibile, lemn sau pulbere de cărbune.

— *Fuzibilitatea.* Punctul de topire al argilelor variază foarte mult în funcție de mineralele componente. În general, punctul de topire este mai ridicat la argilele pure, mai bogate în aluminiu. Argilele bogate în K, Na, Ca, Mg, oxizi de fier au punctul de fuziune scăzut. Argilele care se topesc la temperatura de 1 600°—1 650°C sînt argile semirefractare, iar cele care se topesc la temperaturi mai mari se numesc argile refractare.

Argilele sînt folosite în construcții, pentru fabricarea cărămizilor de tot felul : cărămizi pentru zidărie, cărămizi pentru căptușirea furnalelor înalte, cărămizi pentru pavaj și pardoseală etc., precum și pentru confecționarea țiglelor și a diferitelor obiecte de porțelan etc.

Scanned with OKEN Scanner

5. IZOLATORII TERMICI ȘI ACUSTICI

Aceștia au o mare întrebuințare în construcții. Majoritatea acestora sînt produse industriale, însă se găsesc și în natură, reprezentați în diferite tipuri de roci. Izolatorii naturali se întrebuințează așa cum se găsesc în natură sau sînt supuși la o serie de tratamente industriale.

Printre materialele naturale cele mai întrebuințate în construcții ca izolatori se citează : piatra ponce, perlitele, vermiculitele și lîna minerală.

Piatra ponce este un produs vulcanic extrem de poros. Această calitate conferă rocilor proprietatea de a fi un bun izolant și în același timp ușor.

Perlitele sînt roci vulcanice vitroase, caracterizate prin prezența în interiorul lor a unor sferule de dimensiuni milimetrice sau centimetrice, care dau rocilor respective un aspect de aglomerat. Perlitele au greutate specifică 2,3÷2,4 și sînt colorate de obicei în verde, galben, brun, roșu și chiar negru.

Utilizarea perlitelor în construcții se bazează pe proprietatea pe care o au aceste roci de a forma prin încălzire pînă la fuziune o masă poroasă, asemănătoare cu aceea a pietrei ponce. Expandarea perlitelor se datorește apei de constituție și gazelor care părăsesc roca, pe măsură ce temperatura în creștere se apropie de punctul de fuziune al rocii. Fenomenul se produce cu formare de goluri numeroase și mărire considerabilă de volum.

C. CERCETĂRI TEHNICO-GEOLOGICE PENTRU MATERIALELE DE CONSTRUCȚII

Descoperirea materialelor de construcție în apropierea șantierelor sau a locului unde vor fi întrebuințate constituie o problemă foarte importantă din punct de vedere economic. Rezolvarea acestei probleme se realizează prin cercetări tehnico-geologice.

Cercetările tehnico-geologice cuprind :

— procurarea de informații asupra materialelor naturale de construcție folosite în regiune ;

— aprecierea caracterelor petrografice ale rocilor, prin observații asupra durității, clivajului, spărturii și rezistenței rocilor la intemperii :

— stabilirea condițiilor de stratificație, formă de zăcămînt, grosimea stratelor și evaluarea rezervelor de materiale utile ;

— aprecierea poziției geografice a zăcămintelor față de locul unde va fi folosită materia primă respectivă și posibilitățile de transport.

Dacă rezultatele cercetărilor geologice preliminare sînt promițătoare, se procedează la cartarea detaliată a regiunii și explorarea prin sondaje și galerii în vederea recoltării de material pentru determinarea proprietăților tehnologice ale rocilor.

Scanned with OKEN Scanner

GEOLOGIA APLICATĂ ÎN LUCRĂRI MILITARE

Experiența războaielor care au cuprins omenirea în ultima vreme a arătat că soluționarea lor favorabilă nu mai poate fi realizată fără pregătirea din timp a oamenilor în diverse specialități, printre care se numără și geologia.

Primii care au recunoscut importanța geologiei pentru lucrări militare au fost englezii și francezii. Încă din a doua jumătate a secolului al XIX-lea ei spuneau că strategia, știința după care sînt conduse mișcările mari ale unei armate, este știința căilor de comunicație. Ori, drumurile sînt construcții care se execută în strînsă legătură cu structura geologică a regiunii. Tactica, ocuparea unei poziții de apărare, întocmirea planului pentru atacul unui lagăr inamic, se bazează pe cunoașterea terenului, a cărui morfologie depinde de constituția geologică a regiunii.

Mai tîrziu, după 1910, la propunerea lui W. Kranz, ofițer activ de pioneri din Strassbourg, germanii au recunoscut și ei importanța geologiei pentru nevoile armatei. In urma numeroaselor articole publicate de W. Kranz în revistele de specialitate, autoritățile militare germane au adoptat hotărîrea ca ofițerii Academiei de Tehnică Militară să urmeze cursurile de Geologie tehnică sub conducerea profesorului Hirschwald.

Studiul geologiei de către militari a făcut ca numeroși ofițeri să devină specialiști în geomorfologie, paleontologie (Gh. Gérard) etc.

In România, importanța geologiei pentru armată a fost relevată de Gr. Cobîlcescu. In calitate de profesor la Școala militară din Iași și cu ocazia diferitelor conferințe, Gr. Cobîlcescu a făcut cunoscute domeniile militare, în care geologia poate fi de un real folos.

In timpul războiului din 1916--1918, I. P. Voitești a aplicat geologia la cerințele războiului, descoperind noi zăcăminte de petrol și sare în Moldova și ocupîndu-se cu alimentarea cu apă potabilă a armatei române. Tot atunci s-a ocupat de geologie aplicată la cerințele militare geologul Gh. Botez, căzut în 1917.

După război s-a ocupat de geologie aplicată în tehnica militară geologul St. Cantuniari. Acesta a executat numeroase lucrări de geologie pentru

nevoile armatei și a publicat o serie de articole în revistele militare de specialitate. Dedicîndu-se geologiei tehnice, St. Cantuniari a ținut un curs de Geologie tehnică militară la Școala Specială de Geniu.

Lucrările militare la care cunoștințele de geologie se dovedesc necesare și chiar indispensabile se grupează astfel :

— Săparea galeriilor de mine destinate pentru atacul frontului inamic și săparea șanțurilor adăpost.

— Aprovizionarea cu apă a trupelor și protejarea surselor de apă împotriva contaminării microbiene.

— Evacuarea apei care se adună în șanțurile de trăgători și în șanțurile de comunicație.

— Amplasarea diferitelor construcții militare.

— Procurarea materialelor de construcție.

— *Săparea galeriilor de mine și a șanțurilor adăpost.* In general, pentru amplasarea minelor se caută roci dure, deoarece efectul minelor este mărit de acel al sfărîmăturilor de roci, aruncate în timpul exploziilor.

Pentru săparea lucrărilor de adăpost și atac, șanțuri, gropi, galerii subterane, este necesară cunoașterea rocilor care formează terenul respectiv, mai ales în ceea ce privește duritatea. In defensivă sau în retragere este foarte necesar de știut în cît timp se pot executa lucrările de adăpost necesare, de cîți oameni și de cîte unelte este nevoie. De asemenea, este necesar de știut dacă taluzele săpăturilor se mențin în poziția dată numai în perioadele secetoase sau și în timp de ploaie. Este cunoscut faptul că marnele, argilele, terenurile argiloase, în general, în stare uscată se mențin în pereți verticali. Pe măsură ce se îmbină cu apă aceste roci se înmoaie și se deplasează spre interiorul săpăturilor. In acest caz trebuie luate măsuri de consolidare prin căptușeli de scînduri sau piatră.

— *Aprovizionarea cu apă a trupelor.* Problema alimentării cu apă a trupelor în timp de război are importanță deosebită. Este știut faptul că în timpul retragerii, inamicul distruge fîntînile întîlnite în cale și infectează apa cu diferiți agenți patogeni. Pentru a o face potabilă, apa fîntînilor contaminate trebuie sterilizată. Mijloacele de sterilizare sînt numeroase, însă prezintă anumite dezavantaje pe cîmpul de luptă. Astfel, de exemplu, fierberea apei este metoda cea mai eficace, însă cere timp, care pe cîmpul de luptă este întrebuințat în alte scopuri. Ozonizarea este o altă metodă eficace. Această metodă are și ea dezavantajul că cere un număr mare de aparate, care în timpul funcționării produc zgomot, lucru care nu este de dorit. Nici substanțele chimice nu sînt mai avantajoase. In afară de faptul că pentru sterilizare sînt necesare cantități mari, substanțele chimice transmit apelor un gust respingător.

Pentru rezolvarea problemei alimentării trupelor cu apă potabilă, cunoștințele geologice sînt de mare folos. Recunoașterea geologică și hidrogeologică a terenului conduce la identificarea locurilor unde pot să apară izvoare cu apă potabilă, sau unde se pot săpa puțurile cu șanse de găsire a apei la adîncimi convenabile.

— *Evacuarea apei din săpături.* Șanțurile de trăgători, gropile pentru adăpat săpate în roci impermeabile constituie în anotimpurile plo-

Scanned with OKEN Scanner

ioase zone în care apele de precipitație se pot aduna și stagna vreme îndelungată. Aceeași situație se poate întîmpla și atunci cînd săpăturile sînt efectuate în roci permeabile care au la bază roci impermeabile. Pătrunderea apelor în săpături are ca efect subminarea pereților acestora și aducerea lor într-o stare care le face improprii folosirii, în scopul pentru care au fost executate.

Pentru prevenirea stringerii apelor de precipitație în săpături se iau măsuri de drenare prin executarea unor șanțuri de scurgere la suprafață, sau puțuri prin care apa să se poată infiltra în adîncime. Trebuie avut în vedere ca apele din șanțuri să nu se infiltreze în pînzele a căror apă este folosită pentru alimentare.

— *Amplasarea construcțiilor militare,* cum sînt cazematele, construirea de drumuri și căi ferate strategice, cer studii de geologie tehnică detaliate. Aceasta se referă în primul rînd la stabilirea terenurilor și la duritatea rocilor. Dacă anumite lucrări strategice trebuie executate în terenuri fugitive și moi, este necesar să se ia măsuri de consolidare.

Pentru executarea platformelor pentru mașini și armament greu este necesar ca terenul de fundație să fie solid și să nu se înmoaie în contact cu apa. Dacă totuși platformele trebuie executate pe terenuri moi, se iau măsuri de consolidare cu pietriș sau zgură. De asemenea, la amplasarea unor asemenea lucrări pe văi, se va ține seama de nivelul cel mai ridicat al apelor la viituri mari.

Depozitele de muniții și explozivi trebuie să fie adăpostite în terenuri solide, spre a rezista la bombardamentul inamic, și uscate, pentru a nu se deteriora în contact cu umezeala.

Scanned with OKEN Scanner

SISTEMATIZAREA REGIUNILOR ȘI CENTRELOR LOCUITE

Problema sistematizării regiunilor, a centrelor populate și industriale este pe cît se poate de importantă și în condițiile orînduirii noastre socialiste, modul nostru de planificare oferă posibilități nelimitate pentru rezolvarea ei.

Sistematizarea regională privește construirea de noi centre de locuit și industriale, căi de comunicație, precum și modernizarea celor existente. De asemenea, sistematizarea regională se ocupă cu repartizarea suprafețelor destinate agriculturii și silviculturii, indicarea zonelor de exploatare a materialelor pentru construcții etc.

Rezolvarea problemelor de sistematizare regională cere studii minuțioase de geologie, hidrogeologie, pedologie etc.

—. *Studiul geologic* constă în executarea unei cartări geologice detaliate, pe cît este posibil pe baza aflorimentelor ; în regiunile acoperite se fac cercetări prin sondaje și se determină raporturile dintre roca vie și formațiunile acoperitoare. Pentru orașele mari și noile centre de locuit se execută mai întîi o ridicare topografică și pe această bază se fac cercetările geologice, indicîndu-se capacitatea portantă a terenurilor, condițiile hidrogeologice și punctele de unde poate fi extrasă piatra pentru construcții.

Amplasarea noilor centre de locuit se face astfel încît construcțiile ridicate să se încadreze perfect în mediul natural. În consecință, construcțiile se realizează în concordanță cu forma suprafeței terenului, condițiile geologice, cerințele protecției aspectului natural al regiunii și valoarea agricolă a solului.

În general, pentru amplasarea noilor centre de locuit, terenurile trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— să fie stabile ;
— să se găsească materiale de construcție în apropiere ;
— alimentarea cu apă potabilă și industrială să se facă cu ușurință ;
— să aibă pantă suficientă pentru scurgerea apelor de precipitație și a apelor poluate.

Nu vor fi utilizate pentru construcţii terenurile ameninţate de deplasări sau subminate de fenomene carstice, locurile mlăştinoase şi terasele văilor.

Terasele văilor nu sînt avantajoase pentru construcţii, deoarece cer amenajări costisitoare, cum ar fi regularizarea cursului rîurilor. Lucrările de regularizare fac ca nivelul apelor subterane să scadă, ceea ce produce secarea teraselor şi transformarea lor în terenuri neroditoare. Cel mai bun exemplu în această privinţă îl oferă regularizarea cursului Dîmboviţei pe porţiunea oraşului Bucureşti. Prin regularizarea Dîmboviţei, nivelul apelor din terase a scăzut; subsolul blocurilor de pe cheiul rîului nu mai are apă, însă au dispărut şi izvoarele de terasă, unele chiar minerale.

Împotriva amplasării construcţiilor pe terase pledează şi condiţiile microclimatice. Văile adînci, cu terase umede, menţin ceaţa timp îndelungat, fenomen care face să scadă temperatura locului. Construcţiile amplasate în asemenea condiţii sînt tot timpul umede şi reci, factori care dăunează sănătăţii şi construcţiilor.

— *Studiul hidrogeologic.* Apa este factorul fără de care construirea de noi centre de locuit şi industriale nu pot fi concepute. De aceea, cunoaşterea condiţiilor hidrogeologice este indispensabilă pentru sistematizarea regiunilor.

Problema alimentării cu apă potabilă şi industrială este deosebit de importantă pentru studiile hidrogeologice. Locuitorii oraşelor alimentate cu apă din abundenţă, desigur că nu-şi dau seama cît de complicată este problema asigurării cantităţii de apă necesară şi din această cauză cred că sursele de apă sînt inepuizabile. Ori, lucrurile stau cu totul altfel.

În perioadele secetoase, din cauza evaporării intense, apa este uneori insuficientă chiar în regiunile de munte. Rîurile, din aceeaşi cauză au vara debitul de apă scăzut. Spre deosebire de celelalte anotimpuri, în perioadele secetoase, din cauze bine cunoscute, cantitatea de apă consumată pe cap de locuitor creşte simţitor. În aceeaşi măsură creşte şi cantitatea de apă poluată, care din lipsa staţiilor de epurare se scurge liber în rîuri sau se infiltrează în pînzele de apă subterană, degradîndu-le.

Pentru alimentarea cu apă potabilă şi industrială sînt folosite apele de rîuri şi cele subterane. În vederea obţinerii acestor ape în cantităţi suficiente sînt necesare măsurători îndelungate asupra precipitaţiilor, debitelor de apă ale rîurilor, infiltraţiilor şi evaporării, debitelor izvoarelor şi asupra nivelului hidrostatic al apelor subterane.

La alegerea locului pentru noi centre de locuit şi industriale trebuie să se ţină seama de faptul dacă prin amplasarea construcţiilor nu se devalorizează sursele de apă. În consecinţă, nu se vor construi fabrici, locuinţe, abatoare, etc. pe terenurile permeabile, care formează zona de infiltraţie a apelor subterane, sau în apropierea rîurilor a căror apă este folosită în scopuri alimentare sau industriale.

— *Studiul pedologic.* Sistematizarea regiunilor cuprinde şi aprecierea terenurilor din punctul de vedere al productivităţii lor agricole. În acest scop se fac cercetări pedologice, în urma cărora se întocmesc hărţi pedologice, pe care trebuie indicate geneza diferitelor tipuri de soluri, grosimea şi proprietăţile lor fizice, chimice şi biologice.

Scanned with OKEN Scanner

CUTREMURELE DE PĂMÎNT ȘI CONSTRUCȚIILE

A. GENERALITĂȚI

Principala cauză care generează cutremurele de pămînt constă în eliberarea bruscă a energiei înmagazinată în structurile din subsol. După ultimele cercetări, scoarța pămîntului este afectată de numeroase falii adînci, care o fragmentează în compartimente de dimensiuni diferite. Aceste compartimente, din cauza dislocărilor, au înmagazinat o energie potențială, care prin distrugerea echilibrului se transformă în energie cinetică, cu formare de unde elastice, care se transmit prin roci sub numele de cutremure. Distrugerea echilibrului relativ stabil al compartimentelor scoarței terestre se produce frecvent în zonele de orogeneză recente, ca o manifestare actuală a proceselor de formare a munților. Astfel se explică de ce catenele recente: lanțul Alpino-Carpato-Himalaian, Atlasul, Cordilierii și Anzii constituie zone cu seismicitate ridicată. Tot astfel se explică seismicitatea intensă din Munții Vrancei, al căror fundament este afectat de fracturi adînci, orientate în general spre E-V. De-a lungul acestor fracturi, prin distrugerea echilibrului în urma mișcărilor neotectonice, compartimentele se deplasează, acumulînd energia sub formă de energie potențială. La un moment dat, deformația depășește limita de rezistență elastică a structurii și se produce o rupere, în care întreaga energie potențială acumulată se transformă brusc în energie activă, dintre care o parte în unde elastice reprezentînd seisme.

Observațiile efectuate în legătură cu pagubele produse de cutremure au arătat că de multe ori, în aceeași zonă, în apropiere de construcțiile distruse se întîlnesc și construcții puțin avariate. Inițial, avariile au fost puse numai pe seama deficiențelor de construcție, însă o cercetare mai amănunțită a terenului a pus în evidență faptul că cele mai mari distrugeri le-au suferit construcțiile amplasate pe roci neconsolidate, iar cele executate pe roci coezive, dure prezentau cel mult fisuri. Cauzele acestor distrugeri diferențiate se datoresc, după M. Socolescu, următoarelor fenomene:

Pămîntul este un corp solid și elastic. Energia mecanică dezlănțuită de cutremure se transmite în toate sensurile sub formă de unde elastice,

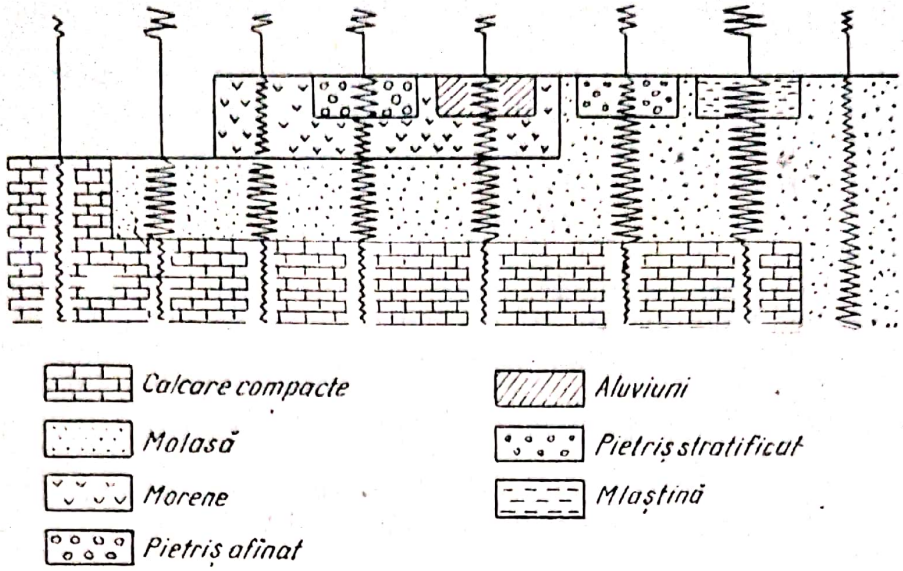


Fig. 197. Amplitudinea seismelor în diferite tipuri de roci.

care distribuie în rocile înconjurătoare impulsii producătoare de oscilații libere, a căror intensitate se pierde cu depărtarea de hipocentru. Trenul de undă astfel format se propagă în pămînt cu viteză specifică fiecărui tip de rocă străbătută, constituind oscilațiile transmise. Impulsiile oscilațiilor transmise provoacă, la rîndul lor, prin rocile prin care se propagă oscilații libere, care se amortizează mai repede în rocile elastice (dure). La trecerea undelor seismice în roci mai puțin elastice (neconsolidate), trenul de undă este mai mare atît ca număr de oscilații cît și ca energie consumată pe loc. Cu cît rocile sînt mai afînate, cu atît amortizarea este mai mică, iar trenul de undă este mai lung. În rocile dure de tipul calcarelor, în care factorul de amortizare este mic, trenul de undă este scurt și energia cutremurului este utilizată puțin pe loc, majoritatea propagîndu-se mai departe. În rocile neconsolidate de tipul aluviunilor, amortizarea este mare, trenul de undă este lung și energia cutremurului se consumă, producînd a amplificare a oscilațiilor, ceea ce a fost definit ca factor de amortizare. Dacă depozitele neconsolidate au grosimea mare, energia cutremurului se consumă în cea mai mare parte în zonele adînci, la baza stratelor afînate situate pe roci compacte, iar energia care ajunge la suprafață este foarte mică. Astfel se explică de ce construcțiile din Berlin, amplasate pe depozite groase de morene, nu suferă de pe urma cutremurelor.

Susceptibilitatea seismică a terenurilor neconsolidate este influențată foarte mult de umiditate. Prezența apelor freatice în apropiere de suprafață (2—5 m adîncime) are efect dăunător, deoarece rocile saturate cu apă nu atenuează șocul seismic, apa fiind practic incompresibilă. Din aceste motive, aluviunile, turbăriile, umpluturile de tot felul și în general terenurile neconsolidate sau puțin consolidate au seismicitate ridicată.

Undele seismice produc oscilații libere de aceeași valoare pentru terenuri cu compoziție litologică asemănătoare. Oscilațiile libere ale terenu-

Scanned with OKEN Scanner

rilor produc, la rîndul lor, în construcțiile amplasate pe ele oscilații transmise și oscilații libere.

Oscilațiile transmise de teren pot intra în rezonanță cu oscilațiile libere ale construcțiilor, dacă subsolul și construcțiile au aceeași lungime de undă. Oscilațiile transmise se suprapun peste oscilațiile libere ale construcțiilor, mărind amplitudinea vibrațiilor construcțiilor.

Pentru ca construcțiile să nu sufere avarii importante datorită cutremurelor este necesar ca subsolul și construcțiile să aibă oscilații proprii amortizate. In felul acesta, impulsiile succesive nu amplifică amplitudinea oscilațiilor construcțiilor. Efectele cutremurelor vor fi mai mici, dacă construcțiile nu intră în rezonanță cu subsolul și dacă acesta are un factor de amortizare mic. Prin factor de amortizare se înțelege raportul dintre amplitudinea oscilațiilor libere amortizate și amplitudinea primei oscilații. Factorul de amortizare este egal cu unghiul de frecare interioară a rocilor.

Pentru a feri edificiile de efectele dăunătoare ale cutremurelor este necesar ca la amplasarea construcțiilor să se aibă în vedere următoarele prescripții :

— Construcțiile să fie plasate, pe cît este posibil, pe roci compacte, iar legătura dintre teren și construcții să fie astfel executată, încît să formeze un monolit.

— Să se evite rocile neconsolidate ; dacă totuși construcțiile trebuie amplasate pe astfel de roci, pentru a nu se produce amplificarea vibrațiilor este necesar ca elementele construcțiilor să aibă lungime de undă diferită de a subsolului. In acest scop, în prealabil, cu aparate speciale se determină frecvența terenurilor și apoi lungimea de undă a elementelor construcțiilor proiectate. Dacă terenul și elementele construcțiilor au aceeași lungime de undă, elementele construcțiilor se dimensionează, astfel ca vibrațiile să nu se amplifice.

— Fundațiile construcțiilor să fie continue și cu cadre de legătură între stîlpi ; sînt preferate fundațiile pe radieri. De asemenea este de dorit ca fundația să fie la același nivel și încastrată în același strat.

— Adîncimea de fundare se alege în funcție de grosimea rocelor neconsolidate. In general, stabilitatea crește prin așezarea fundațiilor la adîncime, însă acestea nu trebuie amplasate la mai puțin de 4 m distanță față de limita de separație între două strate, în special între unul afînat și altul compact.

B. MICRORAIONAREA SEISMICĂ

Zonele de intensitate macroseismică ; VI, VII și VIII — pentru București zona VIII — sînt stabilite de STAS 2923-52. O microraionare seismică a acestora se poate face în funcție de litologie și geomorfologie.

După litologie sînt demne de luat în considerație următoarele tipuri de formațiuni :

Aluviunile (pietrișurile, prundișurile, nisipurile), de grosime mai mică de 4 m și amplasate pe roci compacte, măresc efectul cutremurelor cu un grad. Dacă aluviunile sînt saturate cu apă, iar nivelul apelor freatice

este situat la mai puțin de 5 m adîncime, efectul cutremurelor crește cu două grade.

Rocile argiloase, marnoase, loessoide în stare uscată nu amplifică prea mult amplitudinea seismelor. Cînd sînt saturate cu apă, efectul cutremurelor crește cu un grad.

Terenurile aluvionare fine și terenurile de umplutură, în special cînd sînt saturate cu apă, cresc efectul cutremurelor cu aproape două grade.

Terenurile mlăștinoase și nămolurile sînt cele mai periculoase, mărind foarte mult efectele cutremurelor.

Relieful nu influențează intensitatea seismică, în schimb creează condiții producerii de fenomene fizico-geologice secundare, cum sînt deplasările de teren.

Prin cartare de suprafață și foraje se notează pe harta topografică extinderea formațiunilor cu susceptibilitate seismică, grosimea lor, adîncimea nivelului freatic, și pe baza acestor date se delimitează zonele microseismice.

Scanned with OKEN Scanner

Abramovici, S. și Zwiebel R. *Betonul. Îndreptar teoretic și practic pentru șantiere*. București, Editura tehnică, 1956.
Bendel L. *Ingineurgeologie* Wien, 1944, 1948.
Bercu, M. *Infrastructura căii. Terasamente de cale ferată*. București, Editura Institutului Politehnic, 1960.
Botea, E. *Curs de geotehnică*. București, Editura Inst. Căi Ferate, 1954.
Botez, Gh. *Geologia și războiul*. D.d.S. Inst. Geol. Rom., vol. VII. București, 1915.
Cantuniari, Șt. *Geologie tehnică militară*. București, Editura Școlii Superioare de Geniu, 1930.
Cantuniari, Șt. *Normalizarea studiilor geotehnice ale rocilor de construcții și drumuri, cu aplicații la rocile românești*. „Rev. Geniului". Nr. 4-5, București, 1935.
Cantuniari, Șt. *Contribution à l'étude geotechnique des roches de construction et pavage de Roumanie*. Bull Soc. Roum de Géol. vol. III. București, 1937.
Cantuniari, Șt. *Études géotechniques sur les argiles de Roumanie*. Bull Soc. Roum. de Géol. vol. III, București, 1937.
Cantuniari, Șt. *Contribuții geologice tehnice la construcția drumurilor românești*. „Bul. Inst. Rom. pentru betoane, construcții și drumuri" Nr. 4—5, București, 1938.
Cădere, R. *Curs de geologie și Geotehnică*. C.S.A., București, 1959.
Ciocîrdel R. *Hidrogeologie*. București, Editura tehnică, 1957.
Croitoru, M., Mamulea, A. și Pricăjan, A. *Hidrogeologie și geologie tehnică*, București, Editura didactică și pedagogică, 1964.
Desio, A. *Geologia applicata alla ingegneria*. Milano, 1959.
Dragoș, V. *Cercetări geologice asupra regiunii dintre Topolog și Olt*. D.d.S. Comit. Geol, vol. XXXVI, București, 1953.
Dragoș, V. *Fenomene geologice actuale în regiunea Argeș*. D.d.S. Somit. Geol, Vol. XL, București. 1950.
Dragoș, V. *Deplasări de teren*. București. Editura științifică, 1957.
Fourmarier, P. *Hidrogéologie*, Paris, 1939.
Kuznețov, N. K. și Zlatkovski, A. P. *Centrale hidroelectrice rurale*, trad. l. rusă). București, Editura tehnică, 1951.
Lehr, H. *Procedee de fundații*. București, Editura tehnică, 1950—1951.
Lehr, H., Stănescu, E., Andrei, S.,
Manoliu, I. *Metode noi în proiectarea fundațiilor*. București, Editura tehnică, 1963.
Mamulea, A. *Prospecțiuni geotehnice. În practica geologică*. București, Editura tehnică, 1961.
Liteanu, E. *Hidrogeologie aplicată*. București, Editura tehnică, 1953.
Lugeon, M. *Les Barages et la Géologie*. Lausanne, 1933.

Scanned with OKEN Scanner

Introducere 5

Cap. I. Clasificarea tehnico-geologică a rocilor și terenurilor 11

1. Definiții 11
2. Clasificări 11

Cap. II. Cercetări tehnico-geologice pentru roci coezive 21

A. Examinarea petrografică a rocilor 22

B. Examinarea tehnico-mecanică a rocilor 27

1. Proprietățile fizice ale rocilor 28
2. Însușirile mecanice ale rocilor 38

Cap. III. Cercetări tehnico-geologice pentru roci necoezive 54

A. Noțiuni generale despre rocile necoezive 54

1. Roci necoezive întîlnite frecvent în construcții 55
2. Compoziția granulometrică a rocilor necoezive 57
3. Structura și textura rocilor necoezive 62
4. Apa în rocile necoezive 63

B. Proprietățile rocilor necoezive 68

1. Proprietățile fizice ale rocilor necoezive 68
2. Proprietățile mecanice ale rocilor necoezive 80

Cap. IV. Fenomene fizico-geologice 88

A. Deplasări de teren 88

1. Cauzele deplasărilor de teren 88
2. Studiul deplasărilor de teren 97
3. Clasificarea deplasărilor de teren 99
4. Viteza deplasărilor de teren 118
5. Vîrsta deplasărilor de teren 118
6. Prevenirea și combaterea deplasărilor de teren 119
7. Combaterea rîpelor și torenților 124

B. Fenomene carstice 126

1. Condițiile de formare a carstului 126
2. Formele de prezentare a fenomenelor carstice 127

Scanned with OKEN Scanner

Cap. V. Cercetări tehnico-geologice pentru construcții inginerești . . . 129
1. Dezvoltarea cercetărilor tehnico-geologice 129
2. Executarea cercetărilor tehnico-geologice 131
3. Hărțile tehnico-geologice 132
4. Întocmirea rapoartelor tehnico-geologice 134

Cap. VI. Fundații 135
A. Cercetarea terenului pentru fundații 136
1. Metode pentru cercetarea terenurilor de fundații . . . 136
2. Clasificarea terenurilor de fundație 139
3. Studiul rezistenței terenului 147
4. Îmbunătățirea terenurilor pentru fundații 153
5. Apele subterane 156
B. Loessurile din România privite ca terenuri de fundații . . . 157

Cap. VII. Căi de comunicație 160
A. Generalități 160
1. Elementele căilor de comunicație 160
B. Loessurile din România privite ca terenuri de fundații . . 165
1. Cercetări tehnico-geologice pentru alegerea traseului . . . 165
2. Cercetări tehnico-geologice pentru terasamente 173
3. Climatul regiunii 176
4. Consolidarea terenului pentru căi de comunicație . . . 178
5. Ziduri de sprijin 181

Cap. VIII. Poduri 183
1. Elementele unui pod 183
2. Studii tehnico-geologice pentru construirea podurilor . . . 184
3. Condițiile geologice întîlnite frecvent la construirea podurilor 185
4. Aprecierea stabilității terenurilor pentru construirea podurilor 187

Cap. IX. Aeroporturi 188

Cap. X. Funiculare și stîlpi pentru linii de înaltă tensiune 190

Cap. XI. Cimitire 192

Cap. XII. Tuneluri 194
A. Generalități 194
1. Elementele unui tunel 194
2. Traseul tunelurilor 194
3. Clasificarea tunelurilor 195
B. Cercetări tehnico-geologice pentru tuneluri 195
1. Compoziția petrografică, proprietățile fizice și mecanice ale rocilor în săparea tunelurilor 196
2. Relațiile dintre tuneluri și tectonica rocilor 196
3. Condițiile hidrogeologice în săparea tunelurilor 201
4. Temperatura în săparea tunelurilor 204
5. Emanații gazoase în tuneluri 205
6. Stabilitatea tunelurilor 206
7. Metode de săpare a tunelurilor 216
8. Tunelurile și cutremurele 218

Cap. XIII. Amenajări hidrotehnice 220
A. Amenajări hidroenergetice 221
1. Generalități 221
2. Cercetări tehnico-geologice pentru construcții hidroenergetice 232

Scanned with OKEN Scanner

B. Canale 258
1. Cercetări tehnico-geologice pentru canale 258
C. Porturi 263
Cap. XIV. Materiale de construcție 265
A. Alegerea rocilor pentru construcții 265
B. Materii prime industriale pentru construcții 266
1. Piatra de var 266
2. Piatra pentru ciment 268
3. Gipsul 270
4. Argilele 270
5. Izolatori termici și acustici 272
C. Cercetări tehnico-geologice pentru materialele de construcții . 272
Cap. XV. Geologia aplicată în lucrări militare 273
Cap. XVI. Sistematizarea regiunilor și centrelor locuite 276
Cap. XVII. Cutremurele de pământ și construcțiile 278
A. Generalități 278
B. Microraionarea seismică 280
Bibliografie 283
Cuprins 285

Scanned with OKEN Scanner